جامعة أم القرى

كلية العلوم التطبيقية والهندسية

حلقة بحث

دراسة نظرية وعملية عن المجمعات الشمسية ذات الألواح المسطحة

مقدمة من الطالب

محمد حسن الجيزي

إشراف دكتور / محمد عبد الهادي كامل

بسم الله الرحمن الرحيم

مقدمـــــة :

لاشـــك أن الشمس هى المصدر الرئيسى للطاقة ومنها تتفرع انواع عديدة من اشكال الطاقة المعروفة ، والشمس تشع طاقة هائلة وتستقبل الأرض من هـــذه الطاقة حوالى ($1{,}8 \times 10^{14}$) كيلوواط وهذه بدورها طاقة كبيرة جدا ولكنها تتوزع على سطح الأرض . أى أنها غير مركزة .

وهناك عدة عوامل تؤثر على شدة الشعاع الشمسى الساقط مثل الزوايـــا التى يسقط بها وزاوية الزمن والموقع على سطح الأرض وكذلك الغلاف الجوى المحيط بالكرة الأرضية .

ولقد تطور مجال استخدام الطاقة الشمسية فهى تستخدم فى التدفئة والتبريد وفى مجال الاتصالات والحاسبات الالكترونية وفى توليد الكهرباء وفى غيرها مـــن المجالات .

ويعتبر تركيز الطاقة الشمسية غاية لكثير من الباحثين . ولما كانـــت المجمعات الشمسية تستخدم استخداما واسعا لاستغلال الطاقة الشـــمسية فى اغراض متنوعة مثل التدفئة وتوليد الطاقة الكهربية وغيرها . لذا كـــان من الضرورى دراسة بعض العوامل التى تزيد كفاءة مثل هذه المجمعات . وفـــى هذا البحث تمت دراسة نظرية وعملية على المجمع الشمسى ذى اللوح المسطح . وينقسم البحث الى ثلاث ابواب رئيسية : الباب الأول ويشتمل على معلومـات عامة عن الشمس وتعاريف رئيسية لبعض المفاهيم المستخدمة فى مجال الطاقة الشمسية وكذلك معلومات عن صور استغلال الطاقة الشمسية ومعلومات عـــن تركيب المجمعات المسطحة ومقارنة بينها وبين المجمعات المركزة .

وفى الباب الثانى تمت دراسة نظرية استهدفت ايجاد صيغة شبه أوليـــة لتغير الاشعاع الشمسى الكلى الساقط بتغير الزمن اليومى . وقد استخدمت هذه الصيغة فى حساب درجة حرارة اللوح الماص والذى يمثل العنصر الرئيســـى فى تركيب المجمع الشمسى ذى اللوح المسطح . وقد تم حل المعادلـــة التفاضلية للاتزان الحرارى للسطح الماص وايجاد صيغة لتغير درجة حرارتـــه بتغير الاشعاع الساقط عليه وتغير الزمن وكذلك بتغير الخواص الفيزيائية له .

وفى الباب الثالث استعرضنا القياسات العملية التى تمت ونتائج
هذه القياسات ومقارنتها لتصميمين للمجمع الشمسى ذى
اللوح المسطح واستنباط مايؤثر فى الكفاءة اثناء التشغيل .
والله ولى التوفيق .

شكر وتقدير

نشكر المولى الذى أمدنا بالعلم والمعرفة والذى يرشدنا الى ماينفعنا والذى مكننا من اتمام هذا البحث رغم الوقت الوجيز واعباء العمل . هذا بفضل الله ثم بفضل التوجيه والارشاد والمساعدة الفعلية من قبل آبائى المدرسين والمهندسين والفنيين والمعيدين .

وشكرى وتقديرى الى الوالد الفاضل الدكتور محمد عبد الهادى كامل الذى تبنى هذا البحث من اساسه وأشرف وعمل معى جنبا الى جنب دون ما ملل ولا شكوى .

كما اتقدم بالشكر الجزيل والعرفان لرئاسة قسم الفيزياء ممثلة بالدكتور غالى غازى البركاتى الذى كان هو الموجه الأول والموافق على تمويل ماتطلبه هذا البحث من اجهزة ودعم مادى والاشراف على انجازها فعليا ومناقشة نتائجها أولا بأول .

واشكر كذلك دكاترة القسم :

دكتور / عبد العزيز قطب — دكتور / محمد النكلاوى

دكتور / احمد خوجلى — والمهندس/سامى احمد زكى

اشكرهم على توجيههم لى وارشادى الى ما يجب أن اعمله .

فلهم جميعا الشكر والتقدير والعرفان على ما بذلوه والله يرعى الجميع .

بسم الله الرحمن الرحيم

معلومات عامة عن الشمس

الشمس :

الشمس هي نجم المجموعة الشمسية والتي تضم الى مجموعها تسعة كواكب أخرى رئيسية وكثير من الاقمار بالاضافة الى مجموعة من الاجسام الفضائية الاخرى من كويكبات ونيازك وشهب، وهي اكبر من كواكب المجموعة الشمسية مجتمعة ، ويبلغ وزنها حوالي (١و٩٨٦ × $١٠^{٣٠}$) كيلوغرام . وهو مايعادل (٨٧و٩٩٪ من مجمل كتلة النظام الشمسي بأجمعه . كما يبلغ قطر الشمس (١٠٤) مليون كيلومتر . والمسافة بين الارض والشمس تبلغ حوالي (١٥٠) مليون كيلومتر . والشمس تتكون من عنصري الهيدروجين والهيليوم بشكل رئيسي حيث تبلغ نسبة الهيدروجين حوالي (٨٠٪) والهيليوم (١٩٪) ، ونتيجة للاندماج النووي بين هذين العنصرين فانه يتم تحويل (٦ × $١٠^{١١}$) كغم من الهيدروجين الى هيليوم كل ثانية ، واذا أخذنا كتلة الشمس بعين الاعتبار ، لوجدنا أن هناك مايكفي من الهيدروجين لاستمرار التفاعل الاندماجي لحوالي خمسة آلاف مليون سنة .

تقدر درجة حرارة الشمس في مركزها بحوالي (٢٠) مليون درجة مئوية اما في الطبقة الخارجية فتبلغ حوالي (٦) آلاف درجة مئوية .

وتعتبر طبقة الفوتوسفير مصدر الاشعاع الرئيسي من الشمس، ودرجة حرارتها حوالي (٦) آلاف درجة مئوية . تشع الشمس طاقة بمعدل (٨٥و٣ × $١٠^{٢٣}$) كيلوواط، تستقبل الارض منها حوالي (١و٨ × $١٠^{١٤}$) كيلوواط .

واذا أخذنا بعين الاعتبار أن استهلاك العالم من الطاقة يبلغ حوالي ($١٠^{١٠}$) كيلوواط، لوجد أن الطاقة الشمسية التي تتلقاها الارض تعادل حوالي (٢٠) الف مرة قدر استهلاك العالم من الطاقة . غير أن علينا ادراك حقيقة أن هذه الطاقة تسقط على سطح الارض الذي يتألف من بحار وجبال ووديان ومناطق مختلفة

بعضها ملائم والبعض الآخر غير ملائم لاستهلاك الطاقة الشمسية على سطحه ، أو أن تكاليف استهلاكها فى هذه المناطق باهظة جدا مما لايتيح للدول الفقيرة بناء مثل هذه المراكز . مثل المسطحات المائية .

تعاريف هامة :

الثابت الشمسي:

يعرف الثابت الشمسى بأنه كمية الطاقة الساقطة فى وحدة الزمن على وحدة مساحات متعامدة مع الشعاع الشمسى ، وواقعة على سطح الغلاف الجوى المحيط بالكرة الأرضية . ولثابت الشمس أهمية خاصة فى تطبيقات الطاقة الشمسية اذ لايمكن الحصول على كمية من الطاقة الشمسية اعلى من قيمة الثابت الشمسى ، والطاقة الشمسية التى تصل الى الأرض فهى أقل من قيمة الثابت الشمسى ، بسبب انعكاس قسم من الاشعاع الشمسى وامتصاصه ، اثناء عبوره الغلاف الجوى كما أن قيمة هذا الثابت تتغير بتغير المسافة بين الأرض والشمس .

الطيف الشمسي* :

يمثل الثابت الشمسى كل كمية الطاقة فى الطيف الشمسى . والاشعاع الشمسى يتكون من مجموعة موجات كهرومغناطيسية تتراوح اطوالها مابين ١١و٠ ميكرون الى ٤ ميكرونات .

والطيف الشمسى ينقسم الى ثلاثة مناطق هى :

١ ـ منطقة الاشعة فوق البنفسجية ويحتوى على اشعة ذات موجات قصيرة حتى طول (٤و٠) ميكرون .

٢ ـ منطقة الاشعة تحت الحمراء : وهى اشعة تزيد أطول موجاتها عن (٧٥و٠) ميكرون .

٣ ـ منطقة الاشعة الضوئية أو المرئية : وهى التى اطوال موجاتها تتراوح بين (٤و٠ ـ ٧٥و٠) ميكرون .

* الطاقة الشمسية : عبد الفتاح دربال ـ مكتبة التبكجى ـ دمشق ـ سلسلة ٢

الزوايا الشمسية :

ان استخدام الطاقة الشمسية بشكل فعال يتطلب معرفة تفصيلية للعلاقة بين الشمس والمنطقة موضع الاهتمام على سطح الكرة الأرضية فعند الحديث عن استخدام الطاقة الشمسية لابد من الأخذ بعين الاعتبار حقيقة أن الشمس هى مصدر الطاقة . وأن المطلوب هو رفع كفاءة استخدام هذه الطاقة ، ولتحقيق هذا الغرض لابد من ملاحظة العوامل المؤثرة على وصول تلك الاشعاعات الى سطح الأرض والموضحة فى شكل هذا من جهة ، ومن جهة اخرى يتطلب الأمر المعرفة التفصيلية والدقيقة للعلاقة بين المواقع المختلفة على سطح الأرض والشمس ويتحقق ذلك نتيجة حركتين احداهما حقيقية وهى حركة الأرض حول الشمس وتأثيراتها المعروفة شكل والأخرى افتراضية ، وتسمى الحركة الظاهرية للشمس والتى تفترض ثبوت المشاهد على سطح الأرض وأن الشمس هى التى تتحرك بالنسبة له وليس لهذا تأثير على الحسابات أو الاستنتاجات الاحصائية شكل الطاقة الشمسية . ويمكن تحديد موقع الشمس بالنسبة لمشاهد يقف فى نقطة على سطح الأرض اذا عرفت زاويتين هامتين هما زاوية الارتفاع الشمسى ، وزاوية السمت الشمسى .

زاوية ارتفاع الشمس:

هى الزاوية المحصورة بين الخط الواصل بين نقطة على سطح الأرض ومركز الشمس والمسقط الافقى له والذى يمر فى النقطة المذكورة على سطح الأرض . شكل (١) (أ ، ب) .

زاوية السمت الشمسى:

هى الزاوية المحصورة بين الخط المار فى النقطة على سطح الأرض المتجه جنوبا ، وبين المسقط الافقى للخط الواصل بين النقطة على سطح الأرض ومركز الشمس . شكل (١)

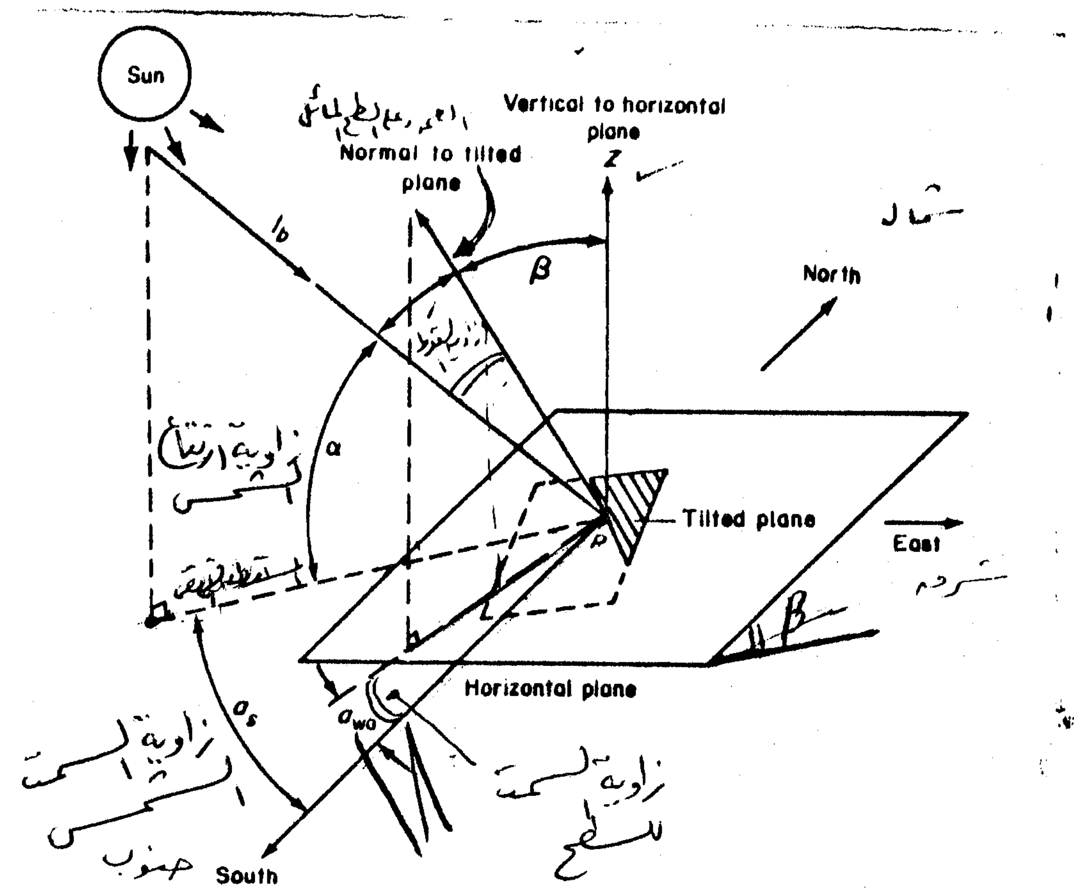
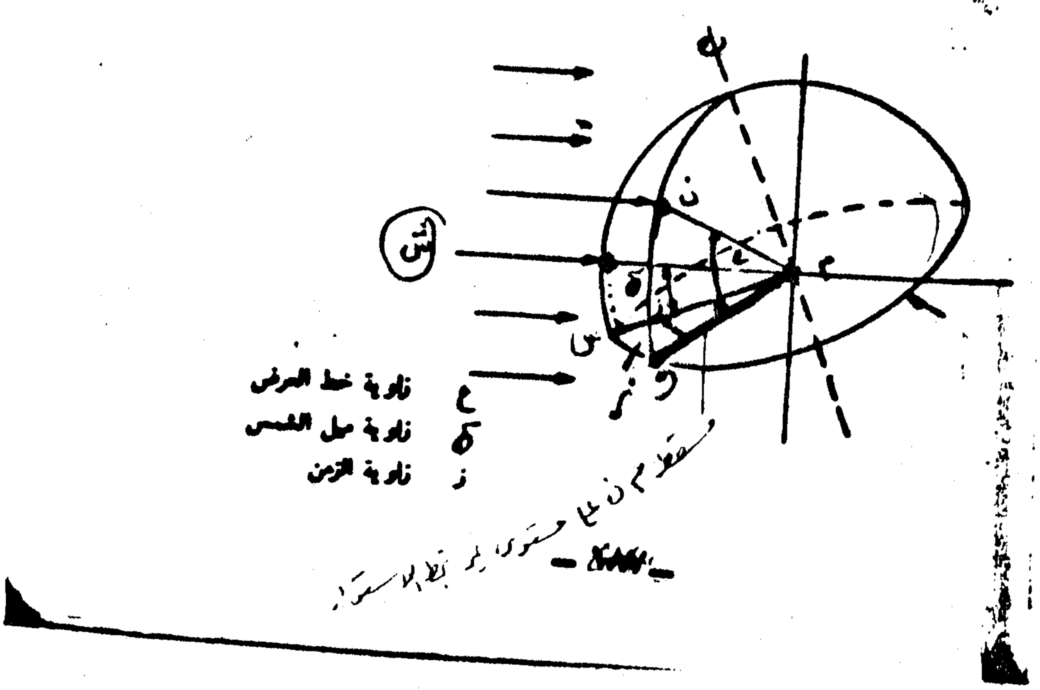


FIG. 2.17 Definition of solar and surface angles for a non-south-facing tilted surface.

شكل (١)

شكل ٣ – الزوايا الشمسية



م و هو مسقط م ن على مستوى يمر بخط الاستواء

∴ الزاوية المحصورة بين م ن ، م و أي الزاوية ن $\hat{م}$ و هي زاوية خط العرض.

م س هو مسقط م ش على مستوى يمر بخط الاستواء

∴ ش $\hat{م}$ س هي زاوية ميل الشمس

الزاوية بين المسقطين هي زاوية الزمن

∴ س $\hat{م}$ و هي زاوية الزمن.

ويتم حساب زاويتي ارتفاع الشمس والسمت الشمسي من خلال زوايا أخرى لها اهميتها بالنسبة للنقطة الواقعة على سطح الارض مثل زاوية خط العرض الذى تقع عليه النقطة المذكورة ، وزاوية ميل الشمس ، وكذلك زاوية الزمن .

١ـ زاوية خط العرض الذى تقع عليه النقطة :

وهى الزاوية المحصورة بين الخط الواصل بين النقطة على سطح الارض ومركز الارض . ومسقط هذا الخط على المستوى المار فى خط الاستواء ، وتساوى خط العرض عدديا ، وهى الزاوية المحصورة بين الخط م ن والخط فى مستوى الاستواء م و . شكل (٢)

٢ـ زاوية ميل الشمس :

وهى الزاوية المحصورة بين الخط الواصل بين مركزى الارض والشمس م ش ومسقط هذا الخط على المستوى فى خط الاستواء م س . شكل (٢)

٣ـ زاوية الزمن :

وتعرف هذه الزاوية بأنها الزاوية الواقعة فى مستوى الاستواء والمحصورة بين مسقط الخط الواصل بين مركز الارض والشمس على مستوى الاستواء والمسقط عليه ايضا للخط الواصل بين مركز الارض والنقطة المطلوبة من سطح الارض وهى الزاوية المحصورة بين الخطين م و ، م س . واذا كانت النقطة موضع الاهتمام واقعة على الخط الواصل بين مركز الشمس والارض تكون زاوية الزمن مساوية للصفر ، والوقت ظهرا . شكل (٢)

٤ـ بالاضافة الى زاوية سقوط اشعة الشمس والتى تعرف بأنها الزاوية المحصورة بين الخط الواصل بين مركز الشمس والنقطة على سطح الارض ، والخط الخارج عموديا على السطح الذى تقع عليه النقطة من النقطة ذاتها وهى الزاوية التى تتمم زاوية ارتفاع الشمس ، أى مجموعهما يساوى (٩٠°) . شكل (٢)

أثر الغلاف الغازى على الاشعاع الشمسى:*

ان للغلاف الغازى تأثيرا كبيرا على الاشعاع الشمسى وعلى الاحتفاظ بدرجة حرارة الجو . فعند عبور الاشعاع الشمسى للغلاف الغازى يصطدم بمكونات هذا الغلاف من جزيئات الهواء وبخار الماء وذرات الغبار والرمال العالقة فى الجو اضافة بالطبع الى الغيوم ، وتتجسد تأثيرات مكونات الغلاف الغازى على الاشعاع الشمسى فى جانبين اساسيين هما :—

١ — امتصاص جزء من الاشعاع الشمسى ، فالأوزون (٥) يمتص جزءا كبيرا من الأشعة فوق البنفسجية وكذلك يقوم بخار الماء بامتصاص اجزاء أخرى من الاشعاع الشمسى .

٢ — تبعثر جزء من الاشعاع فى الجو فى الاتجاهات المختلفة نتيجة لعمليات الانعكاس ، والانكسار ، ويصل جزء من هذا الاشعاع المتبعثر الى الأرض ، بينما ينتشر جزء آخر فى اتجاهات مختلفة الى الفضاء ، وجزء لايتأثر بأى من عوامل الامتصاص والانتشار فيصل الى سطح الأرض دون تغير فى اطوال موجاته .

ويمكن حساب الاشعاع المباشر من خلال معرفة زاوية ارتفاع الشمس * والاشعاع المباشر العمودى حيث أن

الاشعاع المباشر = الاشعاع المباشر العمودى × جيب زاوية ارتفاع الشمس .

٣ — الاشعاع المنتشر : هو ذلك الجزء من الاشعاع المبعثر فى الجو والذى يسقط على سطح ما وتكثر هذه الأشعة ايام الغيوم وتقل ايام الصحو .

٤ — الاشعاع الشامل أو الكلى : وهو مجموعة الاشعاعين المباشر والمنتشر الملتقطين على سطح ما ، مهما كان اتجاهه .

* تكنولوجيا الطاقة البديلة — د . سعيد يوسف عباس — سلسلة كتب ثقافية شهرية يصدرها المجلس الوطنى للثقافة — الكويت

ان لكل من الاشعاعات السابقة استعمالاته الخاصة فى مجال تطبيقات الطاقة الشمسية حسب طبيعة الأمور المطلوب تحقيقها أو انجازها ، وتبعا لذلك فان هناك انوع عديدة من اللاقطات أو المجمعات الشمسية التى يستعمل كل منها للاستفادة من واحد من الاشعاعات السالفة أو اكثر . فهناك مجمعات مسطحة تستفيد من الاشعاع الشامل ، وأخرى مقعرة تدور حول محور واحد وتستخدم الاشعاع المباشر ، وثالثة تدور حول محورين وتستفيد من الاشعاع العمودى .

الطاقة الشمسية :

ان نصيب الأرض من الطاقة الشمسية وافرا . ففى يوم واحد من الأيام التى تكون السماء فيها صافية ، يتلقى المتر المربع من الأرض ما يزيد عن خمس كيلو واط فى الساعة من الطاقة ، وهى كمية أكبر مما تستهلكه أسرة واحدة متوسطة .

وتتفاعل هذه الطاقة مع الأرض اليابسة وما عليها ، ومع بحارها وما فيها . فهى تنمى النبات ، وتولد الرياح والمطر ، وتسخن قشرة الأرض كما تسخن الطبقة العليا من مياه البحار والمحيطات وغيرها من التجمعات المائية . ونتيجة لهذا التسخين تتبخر كميات كبيرة من المياه هى التى تتكون منها الأمطار . ومع ذلك ، تظل الطبقة العليا من مياه البحار والمحيطات على درجة أعلى من درجة حرارة مياه الطبقة السفلى فيها . وقد اصبح من الممكن الآن تشغيل محركات حرارية تقوم على استغلال الاختلاف فى درجة الحرارة هذه .

كما أن هناك فوائد عديدة للشمس نذكر منها :

١ـ حياة النباتات : تعتمد النباتات فى حياتها ونموها على اشعاع الشمس الذى

تمتصه الأجزاء الخضراء من النبات في عملية التمثيل الضوئي ، وعلى الماء والغذاء الذى تمتصه من التربة ، وثاني اكسيد الكربون الذى نأخذه من الهواء ، ومن ثم تعود الفائدة على الانسان بطريقة مباشرة أو غير مباشرة .

٢ــ تقليل احتمالات شلل الأطفال :

ان القليل من الاشعاع الفوق بنفسجي مفيد والكثير منه مضر . وقد حجبت كثرته طبقة الأوزون في الجو وحمت الأرض من فتكه . أما القليل الذى يصل منه الى سطح الأرض فهو لخير الانسان ، لأنه يساعد على تكوين فيتامين (د) في الجلد . كما انه يسهم بتقليل احتمالات الشلل عند الأطفال .

٣ــ المطر : يسطع اشعاع الشمس على البحار والأنهار فتسخن مياهها ويتبخر جزء منها ويرتفع البخار في الجو ومن ثم يتكثف نتيجة لانخفاض درجة الحرارة . ويتعادل وزن هذا البخار مع الوزن النوعي للهواء المحيط به فتقذفه الرياح حيث تجرى على شكل قطرات مائية يستفيد منها الانسان والنبات وغيرها .

٤ــ الرياح : تسخن الشمس الأرض فتشع من الأرض حرارة تسخن طبقات الهواء وحيث أن كثافة الهواء الساخن اقل من كثافة الهواء البارد فانه يرتفع الى الأعلى ويحل محله هواء بارد ، ولهذا السبب تتكون الرياح بدرجاتها ، كما أن من فوائدها تلقيح الثمار ودفع السفن الشراعية وتشغيل طواحين الهواء وتوليد الطاقة الكهربائية .

صور استغلال الطاقة الشمسية : *

١ـ الطاقة الشمسية والحرارية :

ان ابسط طرق استغلال الطاقة الشمسية يتم بعد تحويلها الى طاقة حرارية . ويمكن الاستفادة من الطاقة الحرارية هذه فى تسخين الماء للاستعمال المنزلى والصناعى . ولتدفئة المنازل والابنية ، ولتحلية المياه المالحة ولتجفيف الخضار والفواكه بالاضافة الى استعمالات كثيرة غير هذه مثل تشغيل العنفات البخارية بواسطة تركيز اشعاع الشمس على الماء فيبخره وبذلك تشغل هذه العنفات وتولد الكهرباء كما تستعمل الحرارة فى تشغيل الثلاجات الصحراوية .

٢ـ الطاقة الشمسية والكهرباء :

يمكن تحويل طاقة اشعاع الشمس الى طاقة كهربائية مباشرة ، وذلك باستعمال الخلايا الشمسية والتى تزد فى الوقت الحاضر مركبات الفضاء ومحطات تقوية الاتصالات التلفزيونية بالطاقة ، كما أنها تستخدم فى شحن البطاريات الشائلة بالكهرباء ، وتشغيل المضخات الصغيرة ، ومجال استخدام هذه الخلايا واسع جدا .

٣ـ الطاقة الشمسية وأشكال أخرى للطاقة :

تجرى الأبحاث لاستخلاص محروقات عضوية مثل (الكحول ، الميثان) من النبات والمحاصيل الزراعية المختلفة بواسطة الطاقة الشمسية ، كما أن هناك ابحاثا لاستغلال الطاقة الشمسية فى تخمير النفايات وبراز الحيوانات

---

* الطاقة الشمسية مصدرها وفوائدها وطرق استغلالها
د . محمود سليم عودة ـ الجامعة الأردنية ـ دار النهار للنشر .

لاستخلاص الغازات العضوية منها مثل الميثان والذى يمثل أحد مصادر الطاقة .

ومن جهة اخرى تجرى الابحاث لدراسة الجدوى الاقتصادية فى استخلاص الهيدروجين من الماء بالطاقة الشمسية حيث انه وقود نظيف تولد منه الطاقة الحرارية دون تلوث بالنسبة للأجواء المحيطة وناتج احتراقه ماء نقى . هذه الميزة تجعل الطاقة الشمسية تحتفظ بواسطة هذه المواد واستغلالها وقت الحاجة بخلاف تحويل الطاقة الشمسية الى طاقة حرارية تنفذ بسرعة وفى وقت وجيز .

المجمعات الشمسية :

تتلخص الوظيفة الاساسية للمجمع الشمسى فى التقاط الاشعة الشمسية وتحويل طاقتها الى طاقة حرارية . ويمكننا القول أن كل جسم يعتبر مجمع شمسى اذ انه من المعروف ان كل جسم يتعرض لاشعة الشمس فترتفع درجة حرارته ، وقد استفاد الانسان من هذه الخاصية منذ زمن بعيد فى تجفيف الثمار وتسخين الماء .

اما فى العصر الحديث فيمكن اعتبار المجمع الشمسى الذى بناه نيقولا دوسوسور عام ١٧٧١م أول مجمع بالمعنى الحالى للكلمة . فلقد بنى هذا العالم علبة بسيطة طلاها باللون الاسود واستطاع بهذا التركيب تسخين الماء بأشعة الشمس حتى درجة ٨٧°م ومنذ ذلك الوقت وحتى الآن جرى تطور كبير للمجمعات الشمسية خاصة فى السنوات العشرة الاخيرة حيث أجبرت أزمة الطاقة الباحثين على تطوير مجمعات شمسية عالية الفعالية* .

---

* مبادئ الطاقة الشمسية وتطبيقاتها ـ د . سهيل فاضل
دار الحداثة للطباعة والنشر والتوزيع ـ بيروت

ملاحظات حول نظرية المجمعات الشمسية الحرارية :

ان رفع كفاءة استخدام الطاقة الشمسية فى التطبيقات المختلفة تتطلب توفير المجمعات ذات الكفاءة العالية ، والتى تكون ذات جدوى اقتصادية فى نفس الوقت ، ولأجل رفع كفاءة المجمع الشمسى فان الأمر يتطلب زيادة كمية الطاقة المكتسبة ، وتقليل كمية الطاقة المفقودة . مع الأخذ بعين الاعتبار ، ضرورة ان تكون اسعار المجمعات مقبولة اقتصاديا . وحتى تزداد كمية الطاقة المكتسبة يجب مراعاة الجوانب التالية :

١ــ تقليل العوائق التى تحد من وصول الاشعاع الشمسى الى تلك الاجزاء من المجمع ، والتى تقوم بامتصاص الأشعة الشمسية ، وذلك باستعمال المواد التى تسمح للأشعة بالوصول الى الأسطح الماصة بكفاءة عالية .

٢ــ زيادة كفاءة الاسطح الماصة للاشعاع الشمسى وذلك باستعمال بعض الطلاءات التى تزيد من امتصاص هذه الأشعة ، وتقلل من الاشعاع الحرارى لهذه الاسطح .

٣ــ رفع كفاءة نقل الطاقة الشمسية الممتصة على السطح الماص الى المائع (غاز أو سائل) ، الذى يمر فى المجمع الشمسى ويحدث هذا فى العادة ، بواسطة استعمال المعادن جيدة التوصيل للحرارة .

أما تقليل الطاقة المفقودة فان الجهود تركز على النواحى التالية :

١ــ تقليل الحرارة المفقودة بواسطة وسائل الحمل والتوصيل والاشعاع ، ويتم ذلك فى العادة ، عن طريق تقليل معامل انتقال الحرارة من السطح الماص الى الأجزاء المحيطة ، بواسطة استعمال اكثر من غطاء زجاجى فوق السطح الماص ، أو تفريغ المجمعات الشمسية من الهواء لمنع انتقال الحرارة . لأن

الحرارة لاتنتقل فى الفرع بل تحتاج الى وسط مادى تنتقل خلاله ، بعكس الضوء الذى ينتقل فى الفراغ .

٢ـ تقليل مساحة السطح الماص لتقليل كمية الحرارة المفقودة ، ويتم هذا من خلال تجميع اشعة الشمس ، وتركيزها على سطح ماص ذى مساحة قليلة ويستعمل ذلك فى المجمعات المركزة .*

العوامل التى تؤثر على مقدار الطاقة الشمسية المكتسبة بجسم ما :ـ

عندما تسقط اشعة على جسم ما ، فان قسم أول منها يخترق هذا الجسم وينعكس قسم ثانى عليه ويمتص الجسم القسم الثالث منها ، وتتعلق نسب هذه الاشعة بعدة عوامل نذكر منها :

١ ـ طبيعة الجسم : فتركيب الجسم الكيميائى يلعب دورا اساسيا فى تغيير نسبة الاشعة ، فالزجاج أفضل من القماش والاخير افضل من المعدن . كما يلعب لون الجسم وشفافيته دورا هاما فى تغيير نسبة الاشعة والى جانب ذلك تلعب خواص سطح الجسم دورا اساسيا فى تغيير النسبة بين الاشعة من حيث صقله وخشونته .

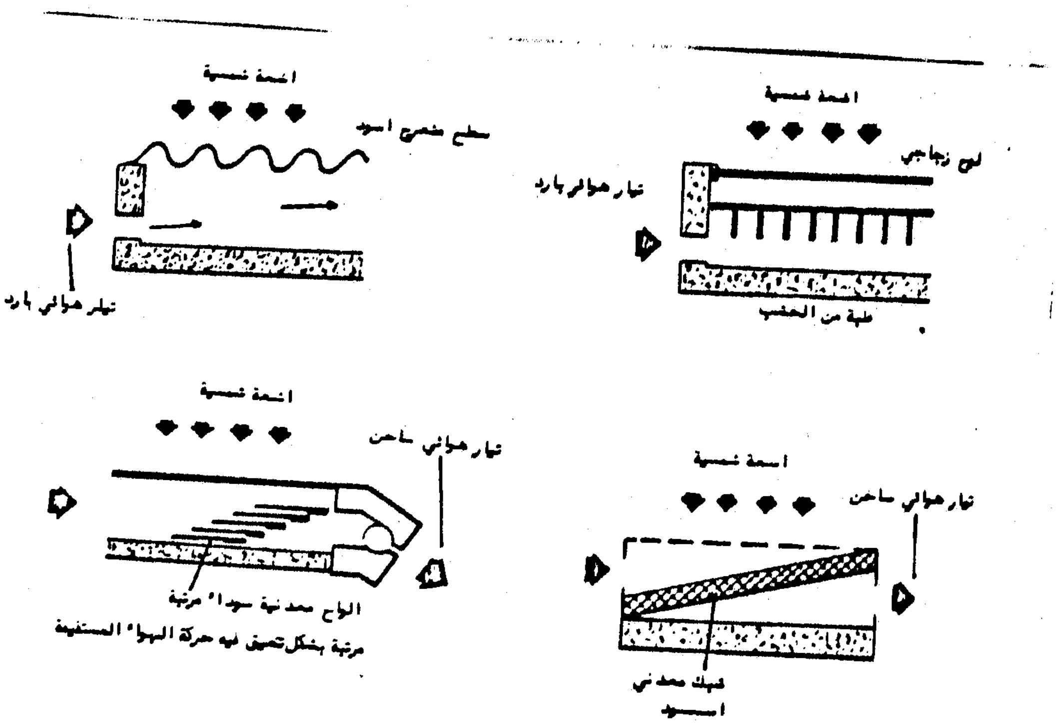
٢ـ طبيعة الاشعة : الاشعة ذات الطاقة الضعيفة (كالاشعة الحرارية) لاتخترق الواح الزجاج بينما تخترق الاشعة الفوق بنفسجية بطاقتها القوية الزجاج بسهولة ولكن لاتخترق الاسفنج السميك ، بينما تخترق اشعة رونتجن الاسفنج السميك بسهولة .

يمتص المجمع الشمسى كمية من الطاقة الشعاعية الساقطة على سطحه ويعطيها على شكل طاقة حرارية لسائل حرارى يجرى فيه (ماء ، غاز هواء) .

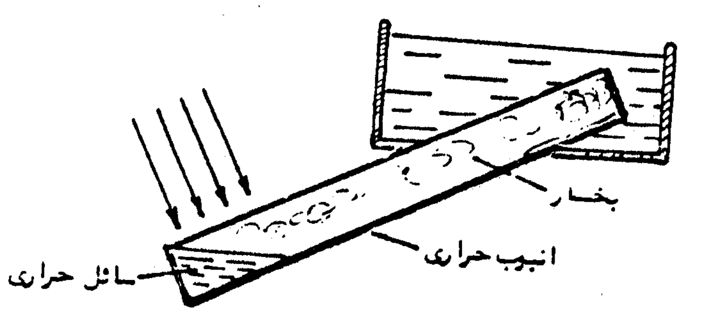
---

* الطاقة الشمسية : عبد الفتاح دربال ـ مكتبة التنبكجى ـ دمشق ـ سلسلة ٢

** مبادئ الطاقة الشمسية وتطبيقاتها ـ د . سهيل فاضل ـ دار الحداثة ـ بيروت



الشكل ([illegible]) يظهر عدة انواع من المجمعات الهوائية



الشكل (٤) يظهر مبدأ الانابيب الحرارية

وينقل السائل أو الغاز هذه الطاقة الحرارية المكتسبة الى خزان حيث يمكن من هناك الاستفادة منها لاغراض شتى .

أبسط المجمعات الشمسية التى تؤدى هذا الغرض هو خرطوم ماء معرض للشمس . أو برميل ملئ بالماء على سطح المنزل ، لكن مردود هذين النوعين الرخيصين قليلا وخاصة فى فصل الشتاء .

أنواع المجمعات الشمسية :

للمجمعات الشمسية انواع عديدة بعضها بسيط جدا فى تركيبه وفى تكلفته ولكن مردوده قليل ، مثل خرطوم الماء وبرميل الماء الموضوع على سطح المنزل . والبعض الآخر ذو مردود افضل من المذكورة من هذه المجمعات .

١ — المجمعات الشمسية ذات السائل الحرارى :

أ — مجمعات ذات لوح مسطح .

ب — مجمعات مركزة للاشعة .

٢ — المجمع الشمسى الهوائى : كما فى الشكل (٣)

٣ — مجمع الانابيب الحرارية : كما فى الشكل (٤)

٤ — مجمعات بلاستيكية بسيطة ايضا .

٥ — المجمعات كجزء من المبنى .

وتتفاوت الافادة من هذه المجمعات وكذلك تكلفتها والساعة التى تشغلها ، وسوف نركز على المجمعات ذات السائل الحرارى وبالذات المجمعات ذات اللوح المسطح ومقارنتها بالمجمعات المركزة للاشعة من حيث الصنع والافادة والتكلفة *.

نبذة عن المجمعات الشمسية المركزة :

تستعمل المجمعات الشمسية المركزة فى التطبيقات التى تتطلب درجات حرارة

---

* مبادئ الطاقة الشمسية وتطبيقاتها — د . سهيل فاضل — دار الحداثة — بيروت

أعلى من درجة الغليان ، ولتحقيق ذلك يقتضى تركيز كمية كبيرة من أشعة الشمس على مساحة صغيرة ، وصغر مساحة السطح المستقبل للاشعاع تعنى صغر المساحة الفاقدة للحرارة ، وبذلك يتحقق هدفى رفع درجة الحرارة نتيجة تركيز الاشعاع الشمسى ، وتقليل مساحة السطح الفاقد للحرارة

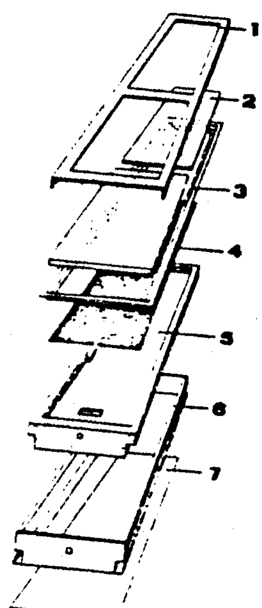
وقد اثبتت التجارب انه بالامكان رفع درجة حرارة السوائل بواسطتها الى (٥٠٠) م° ، وعلى مثل هذه الدرجات العالية يمكننا انتاج البخار على ضغوط مرتفعة نسبيا واستخدامها فى العمليات الصناعية المختلفة .

من الخصائص المميزة للمجمعات المركزة ، انها لاتستفيد الا فى الاشعاع الشمسى المباشر فقط ، وأما الاشعاع المنتشر فهو ليس ذا فائدة ، وتبعا لذلك فان زيادة كفاءة هذه المجمعات تتطلب أن يتوفر فيها من الوسائل مايكفل أن تتحرك اجزاءها العاكسة للاشعاع الشمسى بحيث تتبع حركة الشمس وتستقبل اكبر كمية من الاشعاع المباشر ، مما يزيد من التعقيدات التكنولوجية التى لاغنى عنها لزيادة كفاءتها .

وهذا بالتالى يقتضى أن توضع المجمعات المركزة فى الاستعمالات الملائمة ، التى تبرر التعقيدات التكنولوجية والمشاكل العلمية والكلفة الاقتصادية .

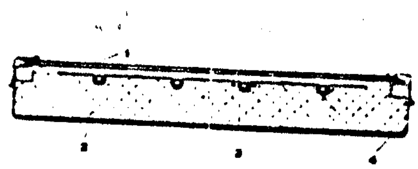
<u>المجمعات الشمسية المسطحة :</u>

تعتبر المجمعات الشمسية المسطحة اكثر انواع المجمعات شيوعا وذلك لسهولة تصنيعها وانخفاض سعرها بالمقارنة مع المجمعات الأخرى ، وبسبب تعدد استعمالاتها . ويشيع استعمال هذا النوع من المجمعات فى تلك التطبيقات ، التى تتطلب الحصول على الطاقة الحرارية على درجات الحرارة المنخفضة نسبيا ، أى درجات الحرارة التى لاتتعدى (٩٠° ــ ١٠٠°) م ، والجدير بالذكر أن استعمالات الطاقة الحرارية على مثل هذه الدرجات المنخفضة كثيرة وشائعة



1= اطار معدني
2= لوح زجاجي
3= اطار معدني
4= صفيحة الامتصاص
5= مواد عازلة
6= اطار معدني
7= ارضية علبة الجهاز

شكل ([illegible]) أجزاء المجمع الشمسي



1 = غطاء زجاجي
2 = صفيحة امتصاص وانابيب السائل الحراري
3 = مواد عازلة
4 = علبة المجمع

شكل ([illegible]) مقطع عرضي لمجمع شمسي يظهر الاجزاء المشكلة له

الاستعمال ، وتلبى جزءا كبيرا من متطلبات البشر .

فتسخين المياه للاستعمال المنزلى لايتطلب رفع درجة حرارتها الى اكثر من (٥٠°ـ ٦٠°) م . اما تدفئة البيوت فانه يعنى الاحتفاظ بدرجة حرارة الأجواء الداخلية على (٢٠ـ٢٢°) م ليس اكثر من ذلك ، وينطبق ذات الأمر على الحاجة الى المياه الساخنة فى العديد من العمليات الصناعية ، حيث لايتطلب الامر سوى الحاجة الى مياه ساخنة فى درجات حرارة أقل من درجات الغليان وفى الدول ذات الاجواء الباردة فان تدفئة المنازل والابنية السكنية وتسخين المياه للأغراض المنزلية والصناعية ،يشكل جزءا مهما من مجمل احتياجاتها من الطاقة وحتى بالنسبة للبلدان الحارة ، التى يحتاج توفر الاجواء الملائمة داخل الأبنية فيها الى استعمال معدات التبريد ، فان بالامكان توفير هذه الحاجة باستعمال معدات التبريد الشمسى التى تحتاج بدورها الى مياه ساخنة فى درجات حرارة مابين (٧٥°ـ ٩٥°) م كى تؤدى المهمة المطلوبة .

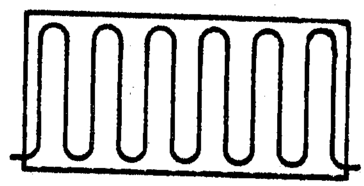
المجمع الشمسى المسطح غاية فى البساطة والسهولة التكنولوجية ، اذ أن العمود الفقرى لهذا المجمع ، هو الصفيحة الماصة ، التى تقوم بامتصاص الأشعة الشمسية وتحويلها الى حرارة ، ونقلها الى احد الموائع . أما الأجزاء الأخرى لهذا المجمع فهى ليست سوى عوامل مساعدة لحفظ الصفيحة الماصة وضمان فعاليتها .

مكونات المجمع (شكل (٥)) الشمسى المسطح وأهمية كل جزء بالنسبة للأجزاء الاخرى

١ ـ <u>الصفيحة الماصة وقناة السائل الحرارى:</u>

تصنع صفيحة الامتصاص من معدن الألمنيوم أو النحاس بسمك ٣,٥ ـ١ مم ويطلى سطحها العلوى باللون الاسود الفاتح الغير لماع ويمكن استعمال صفائح من

متعرج او متوازي ، وفي كلا الحالتين على الانبوبان يغطي بانتظام المساحة تحت الصفيحة (البعد بين الانابيب ثابت) كما يظهر الشكل (21)

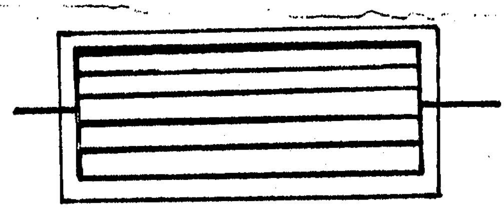


مقطع طولي



مقطع عرضي

7
الشكل (21) يظهر مقطعا طوليا ، وآخر عرضيا للصفيحة وللانابيب الحرارية

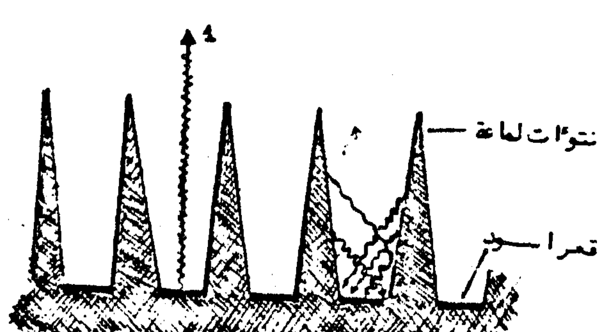


مقطع طولي

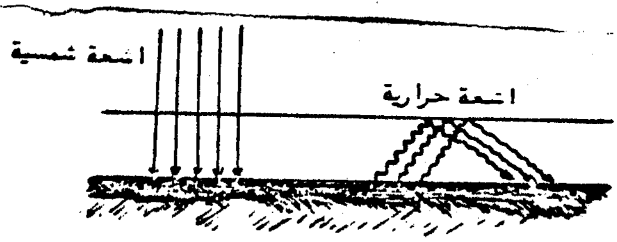


مقطع عرضي

شكل (7) يبين مقطعا طوليا وآخر عرضي للصفيحة والقناة المتشكلة بالضغط

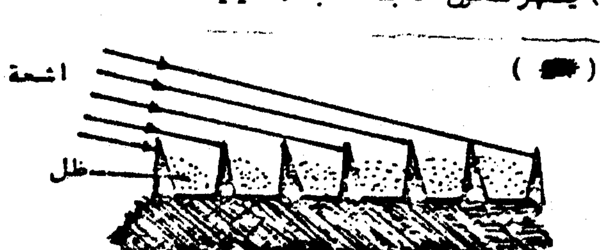


2) يظهر مقطعا مكبرا لسطح الصفيحة حيث تعكس جدران النتوءات اللماعة الاشعة الصادرة من الصفيحة اليها مجددا أو تمتصها



) يظهر مفعول الطبقة البلاستيكية الشفافة

(▓)



(٨) انخفاض مردود الصفيحة ذات النتوءات عند سقوط الاشعة بشكل مائل

الفولاذ أو الحديد فى حال عدم توفر الالمنيوم أو النحاس ، يعتبر النحاس أفضل هذه المعادن ناقلية للحرارة واغلاها بنفس الوقت ، ويعتبر الالمنيوم جيدا من ناحية ناقلية الحرارة وسيئا لكونه لايقبل اللحام لذلك يفضل استعمال صفائح الحديد لكونها متوفرة فى جميع انحاء الوطن العربى ولكونها اضافة لذلك رخيصة الثمن . يثبت على السطح السفلى للصفيحة انبوبة معدنى بقطر ١سم تقريبا بشكل متعرج أو متوازى ، وفى كلا الحالتين على الانبوب أن يغطى بانتظام المسافة تحت الصفيحة (والبعد بين الانابيب ثابت) . شكل (٦)

والذى يظهر مقطعا طوليا ، وآخر عرضيا للصفيحة وللانابيب الحرارية ، وقد بدأت المعامل فى الفترة الأخيرة بانتاج صفائح معدنية تحتوى ضمنها قناة متعرجة أو متوازية للسائل الحرارى وذلك بضغط صفائح المعدن تحت قالب معين تم بلحم صفيحتين بشكل ينتج قناة بين طرفى الصفيحة . شكل (٦/٧)

تمتص الصفيحة السوداء معظم الاشعة الشمسية الساقطة عليها وتعطيها على شكل طاقة حرارية للسائل ولكن الأجسام السوداء التى تمتص الاشعة بشكل جيد تصدر بدورها بعد ارتفاع درجة حرارتها اشعة حرارية الى الجو المحيط بنفس الجودة التى تمتص بها هذه الأجسام الاشعة الشمسية وتزداد كمية الاشعة الحرارية التى تصدرها الصفيحة بارتفاع درجة حرارتها . وعند الوصول الى درجة حرارة معينة (حوالى ١٢٠°م) تصبح كمية الحرارة المصدرة للجو المحيط مساوية للكمية التى تمتصها الصفيحة (التوازن الحرارى) وبذلك يصبح المردود مساويا للصفر ، وتشكل هذه الاشعة الحرارية القسم الاكبر فى الخسارة فى مردود الصفيحة . ولمعالجة ذلك الامر يجب أن نغير طبيعة السطح أو طليه بمواد معينة .

أ ــ وتغيير طبيعة السطح يتم بحفر سطح الصفيحة السوداء بشكل تصبح معه جدران النتوءات المتشكلة لماعة بينما يظل القعر أسود قاتم .
ينعكس قسم كبير من الاشعة الحرارية المنتشرة فى السطح الاسود مرتدا من جديد اليه أو ممتصا شيئا فشيئا من النتوءات بعد كل انعكاس ولاينتشر من الصفيحة الى الجو المحيط الا تلك الاشعة الصادرة بشكل عمودى وينخفض مردود هذه الصفيحة اذا سقطت الاشعة بشكل مائل* الا اذا أدير المجمع بحيث تظل الاشعة الساقطة متعامدة مع سطح الصفيحة *: شكل (٨)

ب ــ طلى الصفيحة السوداء بمواد خاصة :

ويتم ذلك بطريقتين :

١ــ طلى الصفيحة بمواد بلاستيكية شفافة وبسمك تقريبا (٢ ميكرون)(٠٠٢و٠مم) اذ يعادل هذا السمك ربع طول موجات الاشعة الحرارية الصادرة عن صفيحة سوداء بدرجة حرارة ١٠٠°م تقريبا ، ان هذه الطبقة تسمح للاشعة الشمسية بالعبور الى الصفيحة بينما تعكس على سطحها الداخلى الاشعة الحرارية الصادرة عن الصفيحة كليا فترتد هذه الاشعة اليها ليمتصها السائل الحرارى .
تتمتع هذه الطريقة بمردود عالى جدا فهى تسمح لحوالى ٩٦٪ من الاشعة الشمسية بالعبور الى الصفيحة ولاتسمح لاكثر من ٦٪ من الاشعة الحرارية بالنفوذ الى الجو الا أن هذه المواد لاتزال فى مرحلة التطوير فهى غالية الثمن من جهة وتتفتت بسرعة فى درجات الحرارة العالية من جهة اخرى .

٢ــ طلى الصفيحة بمواد نصف ناقلة كمعدن الجرمانيوم وكبريت الرصاص ، تتمتع هذه المواد بخواص جيدة فهى شفافة بالنسبة لاشعة الشمس أى تسمح لها بالعبور الى الصفيحة دونما مقاومة ، وغير شفافة بالنسبة للاشعة الحرارية وبالتالى تحجزها عن الاصدار الى الجو ، وهى ثابتة فى درجات

الحرارة العالية ومقاومة لتأثيرات الطقس الا انها لاتزال غالية الثمن ٠

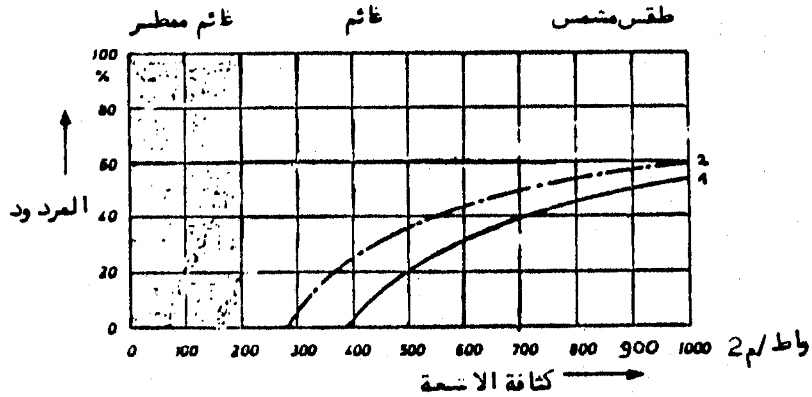
يتضح مما تقدم أن مردود الصفيحة يرتبط بتكاليف عالية جدا ، والوسيلة الهامة والتي قد تخفف كثير من هذه التكاليف هو تخديش سطح صفيحة الامتصاص قبل دهنها باللون الاسود اذ تزيد هذه الاخاديش من السطح الفعال للصفيحة كما تنقص كمية الاشعة الحرارية الصادرة بشكل عمودى ، كما يزداد مردود الصفيحة اذا دهنا سطحها باكسيد الزنك الرخيص الثمن ، أو ترسيب طبقة من معدن النيكل الاسود على الصفيحة وعنده تمتص الصفيحة ٩٢٪ من الاشعة الساقطة عليها وتصدر حوالى ١٠ــ١٥٪ من الاشعة الى الجو من جديد ٠

الغطاء الشفاف :

هناك العديد من الاغطية الشفافة المستعملة فى المجمعات الشمسية غير أن الزجاج هو اكثرها شيوعا ، ويسمح الزجاج المستعمل حاليا نظرا لشفافيته لحوالى (٨٠ــ٩٠٪) من اشعة الشمس بالنفاذ الى داخل الصندوق والوصول الى الصفيحة الماصة ، بينما يقوم بامتصاص جزء من اشعة الشمس الساقطة ويعكس جزءا آخر* ٠ وللغطاء الزجاجى دورا هاما فى حياة المجمع الشمسى ، فهو يحفظ السطح الماص من آثار الظواهر الطبيعية ، كالمطر والثلج والغبار والاتربة ، كما يشكل عائقا امام انتقال الحرارة من الصفيحة الماصة الى الاجواء المحيطة ٠ الامر الذى يؤدى الى زيادة فعالية المجمع ، بالاضافة الى أن من خصائص الزجاج انه يسمح للاشعة ذات الموجات القصيرة بالنفاذ من خلاله ، بينما يعترض طريق الاشعة ذات الموجات الطويلة والصادرة من الصفيحة الماصة ويحتفظ بها داخل المجمع لاعادة امتصاصها من قبل الصفيحة نفسها ،

---

* الطاقة الشمسية (عبد الفتاح دربال)



1 = مجمع بلوح زجاجي

2 = مجمع بلوحين زجاجين

الشكل (٩) ويظهر علاقة مردود المجمع بعدد الواح الزجاج

كما أن الزجاج يقلل من آثار انتقال الحرارة بوسائل الحمل والتوصيل • ويجب أن تتصف الاغطية الزجاجية بالنقاوة لان كمية الاشعة النافذة الى صفيحة الامتصاص تتفاوت حسب نقاوة الزجاج (الغطاء) كما يلي :

٩٥٪ من الاشعة في حال استعمال زجاج نقي مصقول •

٨٥٪ من الاشعة في حال استعمال زجاج النوافذ •

٨٠٪ من الاشعة في حال استعمال زجاج يحوي شوائب كثيرة •

٧٤٪ من الاشعة في حال استعمال لوحين من زجاج النوافذ •

يعكس الزجاج قسما من الاشعة الساقطة عليه وتتعلق الكمية المنعكسة بنوع الزجاج وصقالة سطحه ، وقد يطلى الغطاء الزجاجي بمواد خاصة شفافة مثل اللدائن أو اكاسيد المعادن وهذا يخفف الانعكاس ولكنه يزيد امتصاص الزجاج للاشعة بمقدار ٣ـ٦٪ ، ويمكن تحسين المردود بتفريغ الهواء بين صفيحة الامتصاص واللوح الزجاجي فمن المعروف أن الفراغ يشكل عائقا كبيرا في وجه تبادل الحرارة مع الوسط الخارجي وبهذا يصبح العزل عظيما ويرتفع المردود بشكل كبير ، الا أن استعمال هذه الطريقة لايزال محصورا على التجارب المخبرية اذ لايزال استعمال الفراغ يسبب مشاكل تقنية نذكر منها باختصار •

أ ـ ان احداث فراغ في اجهزة كبيرة كالمجمعات صعب واصعب من ذلك هو الحفاظ على هذا الفراغ لمدة طويلة فهذا باهظ التكاليف •

بـ ـ ان احداث فراغ يجعل الزجاج اكثر عرضة للتهشم من جراء اقل صدمة لذا ينبغي في هذه الحال استعمال زجاج سميك مما يرفع الخسارة في الاشعة نتيجة الامتصاص المتزايد •

شكل (٩)

وقد يستعمل اكثر من غطاء (زجاجي) شفاف في البلدان الباردة اما في البلاد العربية فيكفي غطاء واحد لان الساعات المشمسة في السنة كثيرة •

علبة أو صندوق المجمع :

تحيط علبة المجمع الشمسى بكل اجزاء المجمع ويمكن صنعها من المعدن (المنيوم ، حديد) أو الخشب أو البلاستيك الصلب وعلى علبة المجمع تحقيق الشروط التالية :

١ــ أن تكون مقاومة للصدمات ·

٢ــ ان تقاوم تقلبات الطقس كفرق درجة الحرارة الكبير بين حرارة المجمع الشمسى نهارا (حتى ١١٠°م) وليلا (٢٠°م) ، كذلك مقاومة المطر والثلج ·

٣ــ أن تكون سهلة الفك والتركيب لاصلاح أى عطل يحدث ·

٤ــ أن تكون محكمة السد تجاه الرطوبة ·

مميزات المجمع ذى اللوح المسطح عن المجمع المركز للاشعة *

١ــ الاسطح العاكسة تركيبها ابسط فى المجمعات المسطحة عنه فى المجمعات المركزة ·

٢ــ شدة الاشعاع الشمسى فى المجمعات المسطحة اقل منها فى المجمعات المركزة والمتساوية فى المساحة ·

٣ــ المجمع المسطح يجمع اشعاع منتشر اكبر مما يجمعه المجمع المركز ·

٤ــ المجمع المسطح يحتاج الى اقتفاء بسيط الصور الشمس اما فى حالة المجمع المركز يحتاج الى تغير وضعه تبعا لتغير وضع الشمس ·

٥ــ المجمعات المسطحة تستعمل فى التدفئة والتبريد اكثر من المجمعات المركزة ·

٦ــ معامل الانعكاس السطح للمرآة فى المجمعات المركز يحتمل ان يقل مع الوقت كما يتطلب الامر تنظيف واعادة صقل هذه المرآة ولكن هذا العيب لا يوجد بالنسبة للمجمعات المسطحة ·

---

* محاضرات فى الطاقة الشمسية ــ د ·محمد عبد الهادى كامل

أما من عيوب المجمعات المسطحة

١ـ هو أن سائل التبريد يمكن أن يكتسب درجة حرارة اقل منها فى حالة المجمعات المركزة فى حالة تساويهما فى المساحة التى تجمع الطاقة الشمسية وذلك لأن المساحة التى فيها تفقد الحرارة الى الوسط المحيط لكل قدم مربع من مساحة التجميع تكون اقل فى حالة المركزة عنها فى حالة المجمعات ذات الألواح المسطحة •

٢ـ المجمعات المركزية غالبا تستخدم فى اغراض توليد الطاقة الكهربية أو فى عمل افران ذات درجات حرارة عالية لصهر المعادن وهذا لايتوفر فى المجمعات المسطحة •

بسم الله الرحمن الرحـــيم

الباب الثانـــى

دراسات نظرية وعملية عن المجمع الشمسى ذى اللوح المسطح

١) قياس شدة الاشعاع الشمسى الكلى الساقط على وحدة المساحات

تمت قياس شدة الاشعاع الشمسى الكلى الساقط على وحدة المساحات فى اماكن متعددة مثل جدة فى المملكة العربية السعودية [1] شكل (٢ـ١) وفى مكة المكرمة كلية العلوم التطبيقية قسم الفيزياء شكل (٢-٢) وذلك باستخدام جهاز البيرونومتر ابلى موديل

والنتائج مسجلة بالجداول (٢ـ١)، (٢ـ٢)، (٢ـ٣) ونتيجـــة هذه القياسات موضحـــة ايضا باشكال (٢ـ١)، (٢ـ٢)، (٢ـ٣) .

ومنها نجد أن الاشعاع الشمسى الكلى الساقط على وحدة المساحات يتماثـــل حول زمن منتصف اليوم t_o حيث $t_o = \frac{t_r + t_s}{2}$ وقد لاحظنا نفس هذه النتيجة بالنسبة لاشكال هذه المنحنيات لأبحاث اخرى منشورة .

٢) استنباط قانون شبه اولى لتغير الاشعاع الشمسى الكلى الساقط على وجـــه المساحات بتغير الزمن اليومى local day time

فى ضوء القياسات السابقة افترضنا أن تغير الاشعاع الشمسى الكلـــــى الساقط على وجه المساحات Global solar radiation مع تغير الزمن اليومـــى يعطى بالعلاقة الاتية :

$$q(t) = q_o \left\{ 1 - \left(\frac{t-t_o}{t_o-t_{rs}}\right)^2 + a_1(t-t_o)(t-t_{rs}) \right\} \quad \ldots \quad (2\text{-}1)$$

---

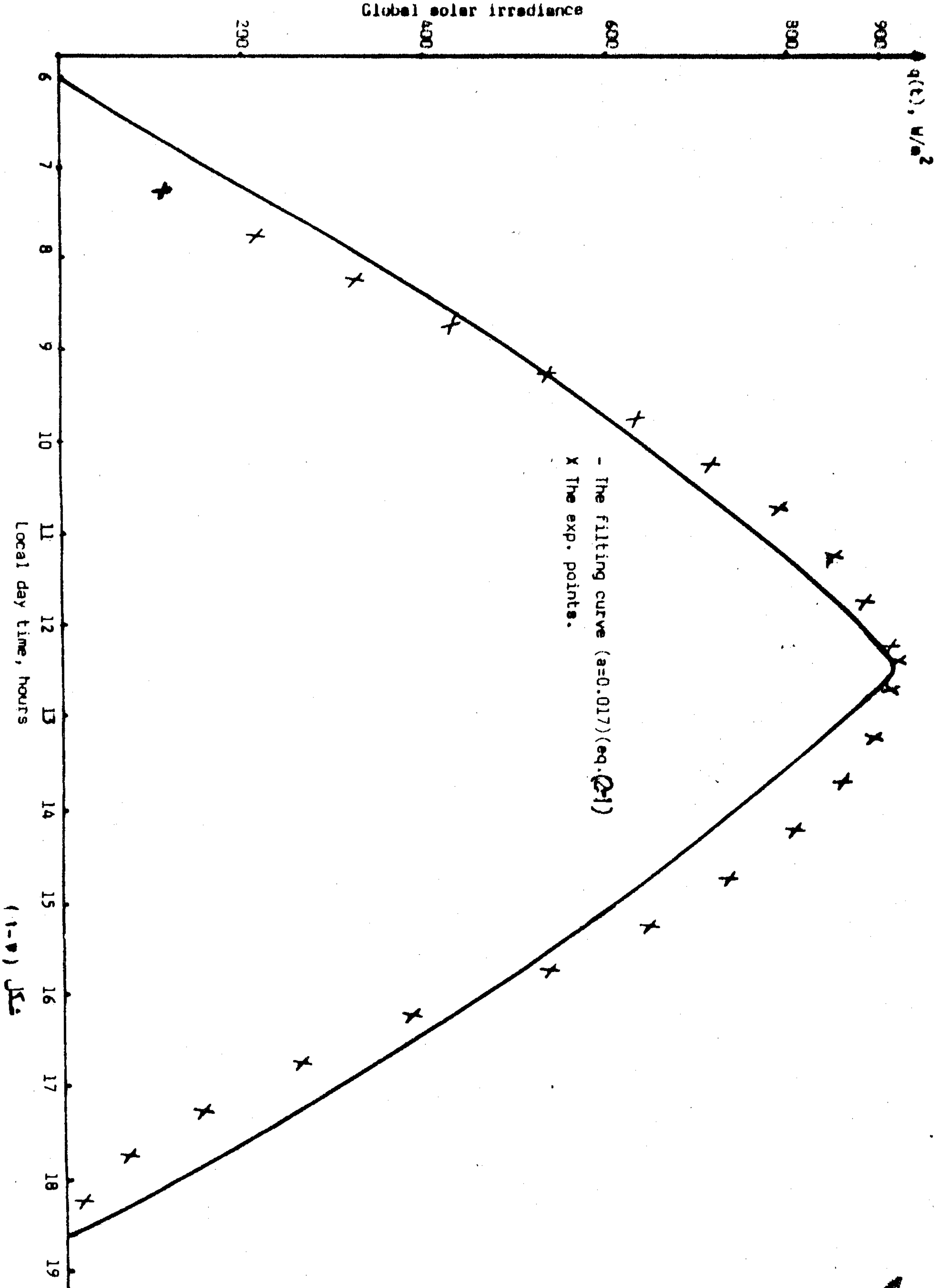
١) اسامة البار ـ رسالة ماجستير ـ كلية المترولوجى وعلوم البيئة ـ جامعة الملك عبد العزيز ـ جدة سنة ١٩٨٣ .

جدول (٢ـ١)*

No.	t الزمن	$q(t)_{exp}$ كمية الحرارة المقاسة
1	7.25	110
2	7.75	215
3	8.25	325
4	8.75	430
5	9.25	535
6	9.75	630
7	10.25	715
8	10.75	790
9	11.25	850
10	11.75	882.5
11	12.25	910
12	12.375	915
13	12.75	910
14	13.25	887.5
15	13.75	857.5
16	14.25	802.5
17	14.75	732.5
18	15.25	640
19	15.75	528.8
20	16.25	376.8
21	16.75	256.66
22	17.25	148.3
23	17.75	64
24	18.25	13.6

$t_o = 12.375$ $t = 6.08$ $t_s = 18.666$

* جهده

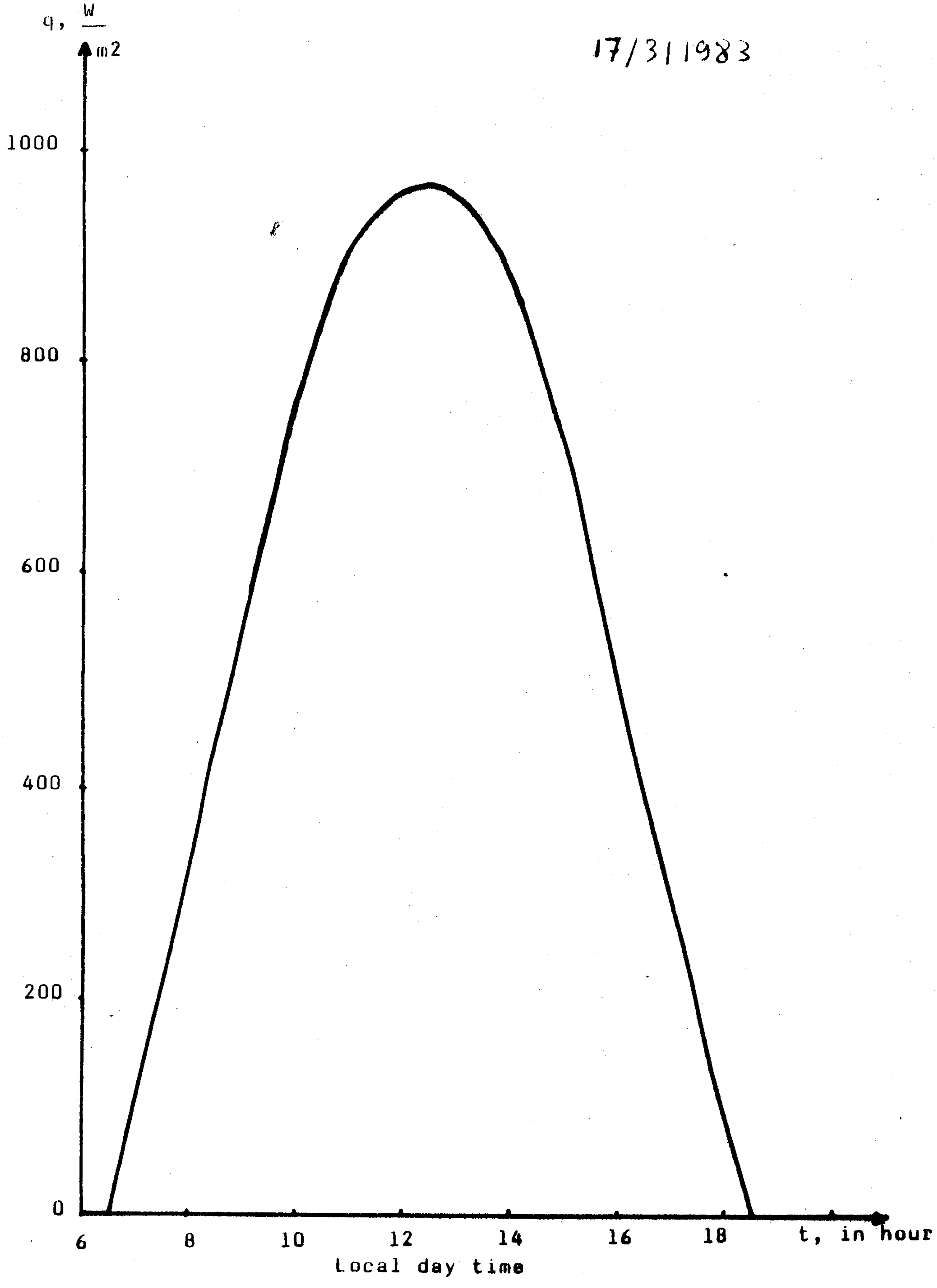

Global solar irradiance
q(t), W/m²
200
400
600
800
900
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
t
- The filting curve (a=0.017)(eq.(2-1))
x The exp. points.
Local day time, hours

شكل (١-٣)

جدول (٢ـ٢)*

No.	t	q(t)	q'
1	7	13	
			184
2	8	197	
			427
3	9	624	
			648
4	10	1272	
			827
5	11	2099	
			939
6	12	3038	
			971
7	13	4009	
			930
8	14	4939	
			796
9	15	5735	
			615
10	16	6350	
			401
11	17	6751	
			142
12	18	6893	
			8
13	19	6901	
			0
14	20	6901	
			0
15	21	6901	
			0
16	22	6901	
			0
17	23	6901	

* مكه المكرمه


q, W/m2
17/3/1983
1000
800
600
400
200
0
6
8
10
12
14
16
18
t, in hour
Local day time

شكل (٢-٢)

جدول (٢ـ٣)*

No.	t	q(t)	q'
1	7	15	
			168
2	8	183	
			393
3	9	576	
			600
4	10	1176	
			767
5	11	1943	
			890
6	12	2833	
			938
7	13	37771	
			902
8	14	4673	
			760
9	15	5433	
			586
10	16	6019	
			367
11	17	6386	
			133
12	18	6519	
			9
13	19	6528	
			0
14	20	6528	
			0
15	21	6528	
			0
16	22	6528	
			0
17	23	6528	

* مكه المكرمه.

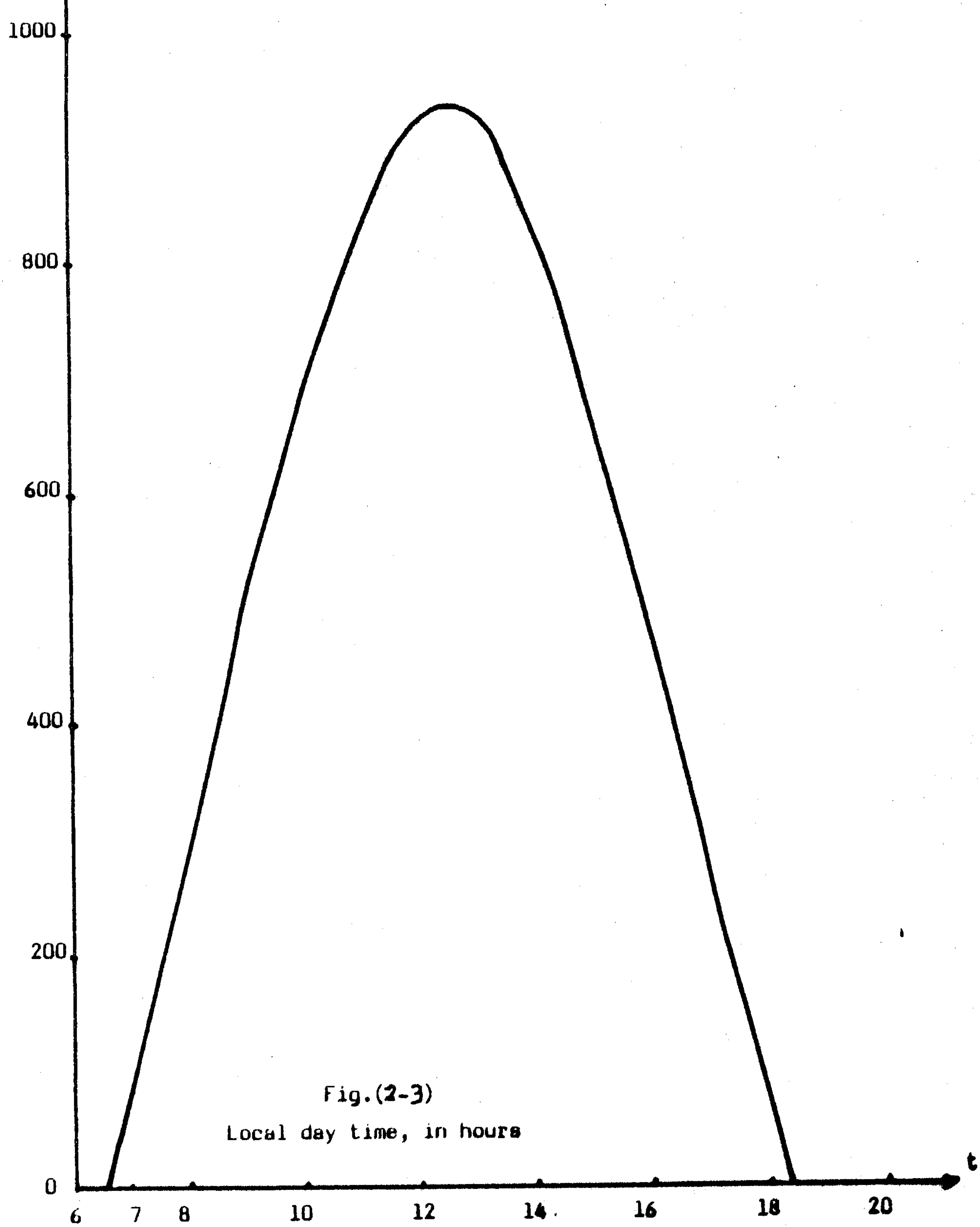


Fig.(2-3)

Local day time, in hours

شكل (٢-٣)

حيث

$$t_o = \frac{t_r + t_s}{2}$$

$$t_{rs} = t_r \quad \text{for} \quad t < t_o$$
$$\quad\; = t_s \quad \text{for} \quad t > t_o$$

وقد استخدمت طريقة احصائية هى طريقة (أقل مجموع مربع انحرافات) least square fitting technique لتعيين قيمة البارامتر a_1 parameter

وذلك لمعالجة النتائج المسجلة فى جدة عن الاشعاع الشمسى الكلى الساقط

على وحدة المسطحات

ونلخص الطريقة فيما يلى :

١ـ نعطى قيما متعددة للبارامتر a_1

٢ـ لكل قيمة معينة للبارامتر a_1 نحسب الدالة $\Phi(a)$ حيث

$$\Phi(a) = \sum_{n=1}^{24} \left\{ q_{exp}(t) - q_{calc}(t, a_1) \right\}^2$$

النتائج التى حصلنا عليها للدالة $\Phi(a)$ مسجلة بالجدول رقم (٢ـ٤)

٣ـ نرسم علاقة بين قيم البارامتر a_1 والقيم المناظرة للدالة $\Phi(a)$

وقد حصلنا على الشكل (٢ـ٤) ومنه يتضح أن افضل قيمة للبارامتر a_1

تعطى اقل مجموع مربع انحرافات هذه القيمة $a_1 = 0.017$

وبالتالى تصبح $q(t)$ على الصورة الآتية :

$$q(t) = q_o \left\{ 1 - \left(\frac{t - t_o}{t_o - t_{rs}} \right)^2 + 0.017 (t - t_o)(t - t_{rs}) \right\} \qquad (2\text{-}2)$$

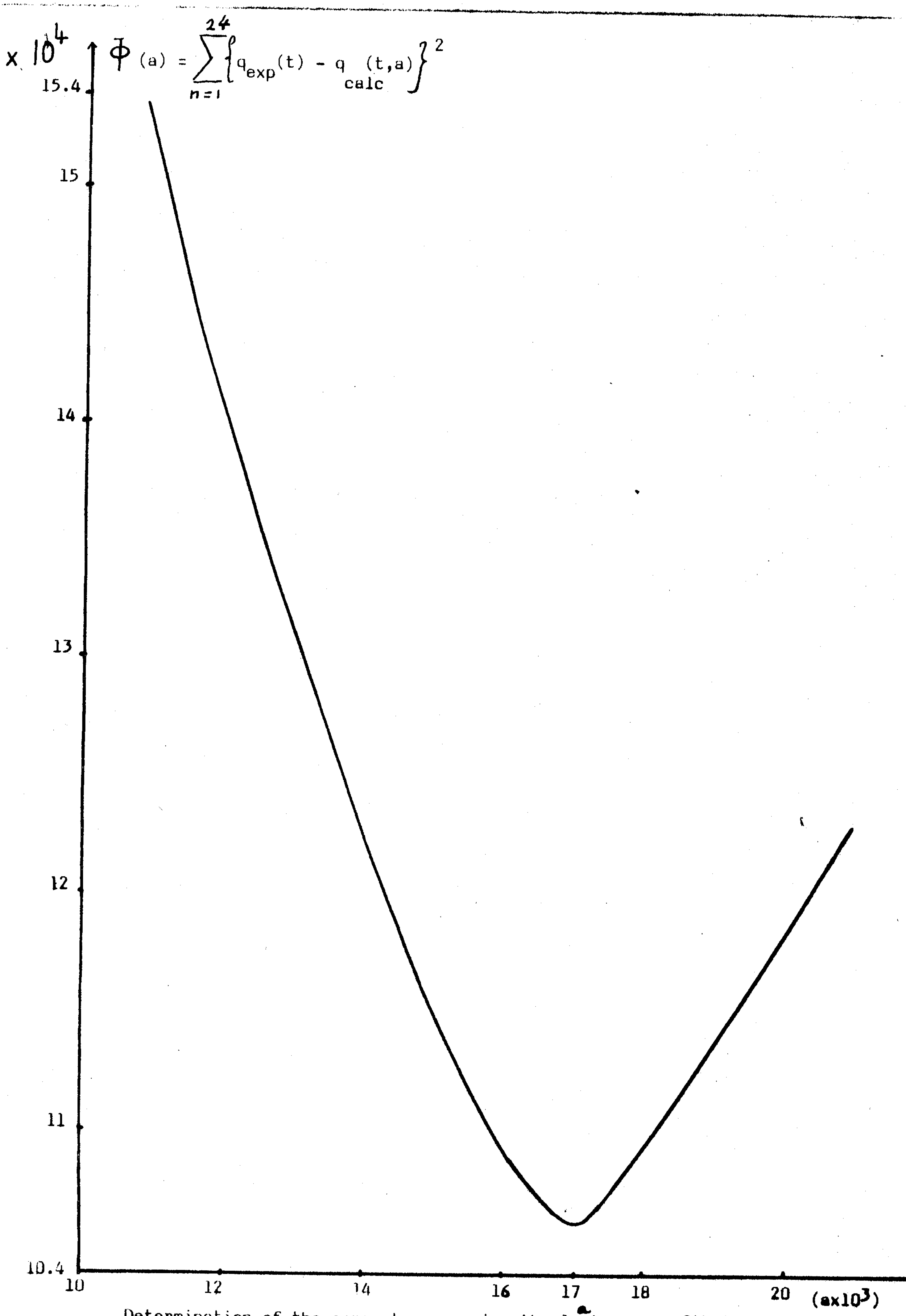
ونتائج حساب $q(t)$ بالمعادلة (2 ـ 2) مبينة بالجدول (٢ـ٥)

والتوافق بين النتائج التجريبية والنتائج المحسوبة بالمعادلة (٢ـ٢) مبين

بالشكل (٢ـ١)

جدول (٢ـ٤)

a	$\Phi^{e}(a)$
11×10^{-3}	15.20×10^{4}
12×10^{-3}	13.79×10^{4}
13×10^{-3}	13.02×10^{4}
14×10^{-3}	12.29×10^{4}
15×10^{-3}	10.90×10^{4}
16×10^{-3}	10.87×10^{4}
17×10^{-3}	10.61×10^{4}
18×10^{-3}	10.96×10^{4}
20×10^{-3}	11.81×10^{4}



Determination of the parameter a, using the lest square filting, technique

شكل (٢-٤)

جدول (٢-٥)

t	q_{cal}
7.25	214.26
7.75	330.11
8.25	382.31
8.75	460.57
9.25	535.08
9.75	605.75
10.25	672.76
10.75	735.93
11.25	795.27
11.75	850.84
12.25	902.64
12.375	915.00
12.75	877.28
13.25	823.61
13.75	766.26
14.25	705.03
14.75	640.07
15.25	571.35
15.75	498.80
16.25	422.49
16.75	342.25
17.25	258.44
17.75	170.78
18.25	79.28

Φ (a) 10.61×10^4

٣) ايجاد قانون لحساب درجة حرارة اللوح الماص Absorber في المجمع الشمسي ذي اللوح المسطح كدالة للاشعاع الشمسي الكلي الساقط

لحساب درجة حرارة اللوح الماص كدالة للاشعاع الشمسي الساقط عليه نكتب معادلة الاتزان الحرارى له على الصورة الاتية :

$$\alpha q - h\theta = l \rho c_p \frac{\partial \theta}{\partial t} \qquad (2\text{-}3)$$

ولسهولة الحل نفرض أن اللوح الماص ذو سمك رقيق بحيث تكون درجة حرارته منتظمة ويهمل الميل الحرارى على امتداد سمكه ونفرض أيضا أن شدة الاشعاع الساقط عليه ثابتة لا تعتمد على الزمن ، ويمكن كتابة المعادلة (2 — 2) على الصورة الاتية :

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} + \frac{h}{l \rho c_p} \theta = \frac{\alpha q}{l \rho c_p} \qquad (2\text{-}4)$$

حيث α معامل امتصاص السطح للاشعاع الشمسي الملقط عليه في مدى الأطوال الموجية الساقطة

l سمك اللوح الماص

c_p حرارته النوعية

h معامل الانتقال الحرارى بالحمل

ولحل المعادلة (2-4) نبدأ بحل المعادلة على الصورة الاتية :

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} + \frac{h \theta}{l \rho c_p} = 0 \qquad (2\text{-}4)$$

فنحصل على الحل الاتي:—

$$\theta = C \exp\left\{ -\frac{h}{l \rho c_p} t \right\} \qquad (2\text{-}5)$$

نوجد حل خاص للمعادلة الاصلية (2-3) فيكون على الصورة

$$\theta = \frac{\alpha q}{h} \qquad (2\text{-}6)$$

٤) حساب القيم المتوسطة $\bar{q}$ للاشعاع الشمسى الكلى الملقط خلال فترات زمنية صغيرة قيمة كل منها $\frac{1}{2}$ ساعة واستخدامها فى حساب درجة حرارة اللوح الماص .

لحساب $\bar{q}$ نستخدم العلاقة الآتية :

$$\bar{q} = \frac{1}{\Delta t} \int_{t_1}^{t_2} q(t)dt \qquad (2\text{-}11)$$

نعوض من المعادلة (2-2) فى المعادلة (2-11) ونجرى عملية التكامل فنحصل على المعادلة الآتية :

$$\bar{q} = q_o - 2.66\times10^{-3} \frac{q_o}{\Delta t} (t_2^3 - t_1^3) + 165\times10^{-4} \frac{q_o t_o}{\Delta t} (t_2^2 - t_1^2) -$$

$$- 25\times10^{-3} q_o t_o^{\,2} + 17\times10^{-3} q_o t_o t_{rs} -$$

$$-85\times10^{-4} \frac{q_o t_{rs}}{\Delta t} (t_2^2 - t_1^2) \qquad (2\text{-}12)$$

وقد تم حساب $\bar{q}$ بالنتائج الآتية :

$q_o = 915\ W/m^2$, $t_o = 12.375$, $t_r = 6.08$, $t_s = 18.666$ in hours

لفترات كل منها $\frac{1}{2}$ ساعة فنحسب مثلا فى الفترة من الساعة 7:15 الى الساعة 7:45 ونعتبر أن القيمة التى حصلنا عليها $\bar{q}$ ثابتة خلال هذه الفترة أى خلال نصف ساعة حول النقطة 7:30 وهكذا .

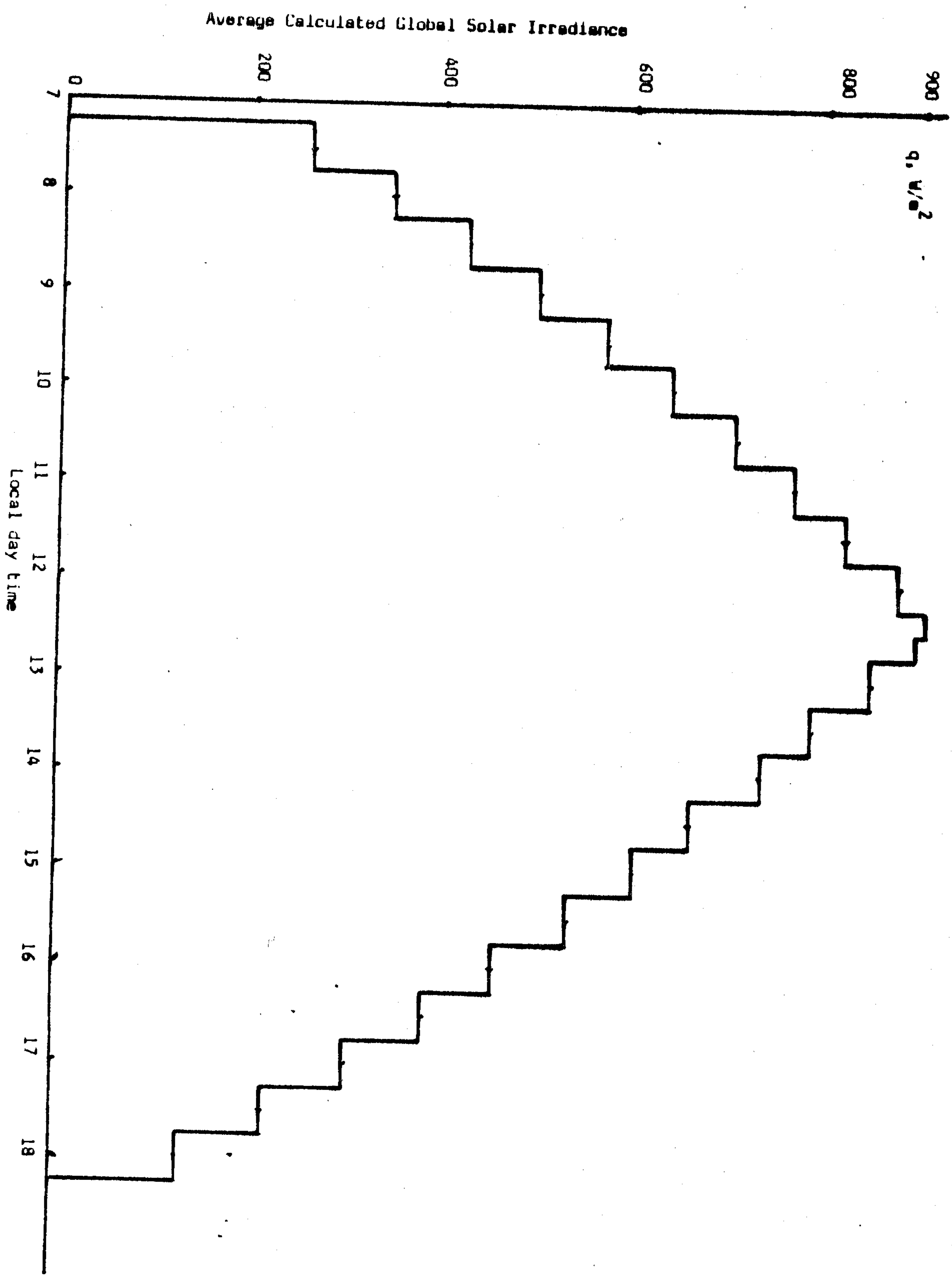
والنتائج التى حصلنا عليها مدونة فى الجدول رقم (٢ـ٦) وممثله بالرسم فى شكل (٢ـ٥) .

وقد استخدمنا القيم التى حصلنا عليها $\bar{q}$ فى حساب درجة حرارة اللوح الماص المصنوع من مادة النحاس ($\rho = 8954\ kg/m^3$, $c_p = 0.381\times10^3\ J/kg\ ^\circ K$) وسمكه $2\times10^{-3}\ m$ وذلك باستخدام المعادلة (2-10) والنتائج التى حصلنا عليها مدونة فى جدول (٢ـ٧) وموضحة بالرسم فى شكل (٢ـ٦) .

جدول (٢ـ٦)

No.	t	$\bar{q}$
1	7.5	263.61
2	8	346.43
3	8.5	425.61
4	9	501.1
5	9.5	572.9
6	10	641.1
7	10.5	705.6
8	11	766.49
9	11.5	823.71
10	12	877.3
11	12.3	908.97
12	12.56	895.9
13	13	850.7
14	13.5	795.4
15	14	736.3
16	14.5	673.63
17	15	607.3
18	15.5	537.37
19	16	463.7
20	16.5	386.5
21	17	305.5
22	17.5	220.85
23	18	132.6

القيم المتوسطة للطاقة الاشعاعية للشمس كدالة للزمن على مدار اليوم محسوبة لكل $\frac{١}{٢}$ ساعة .

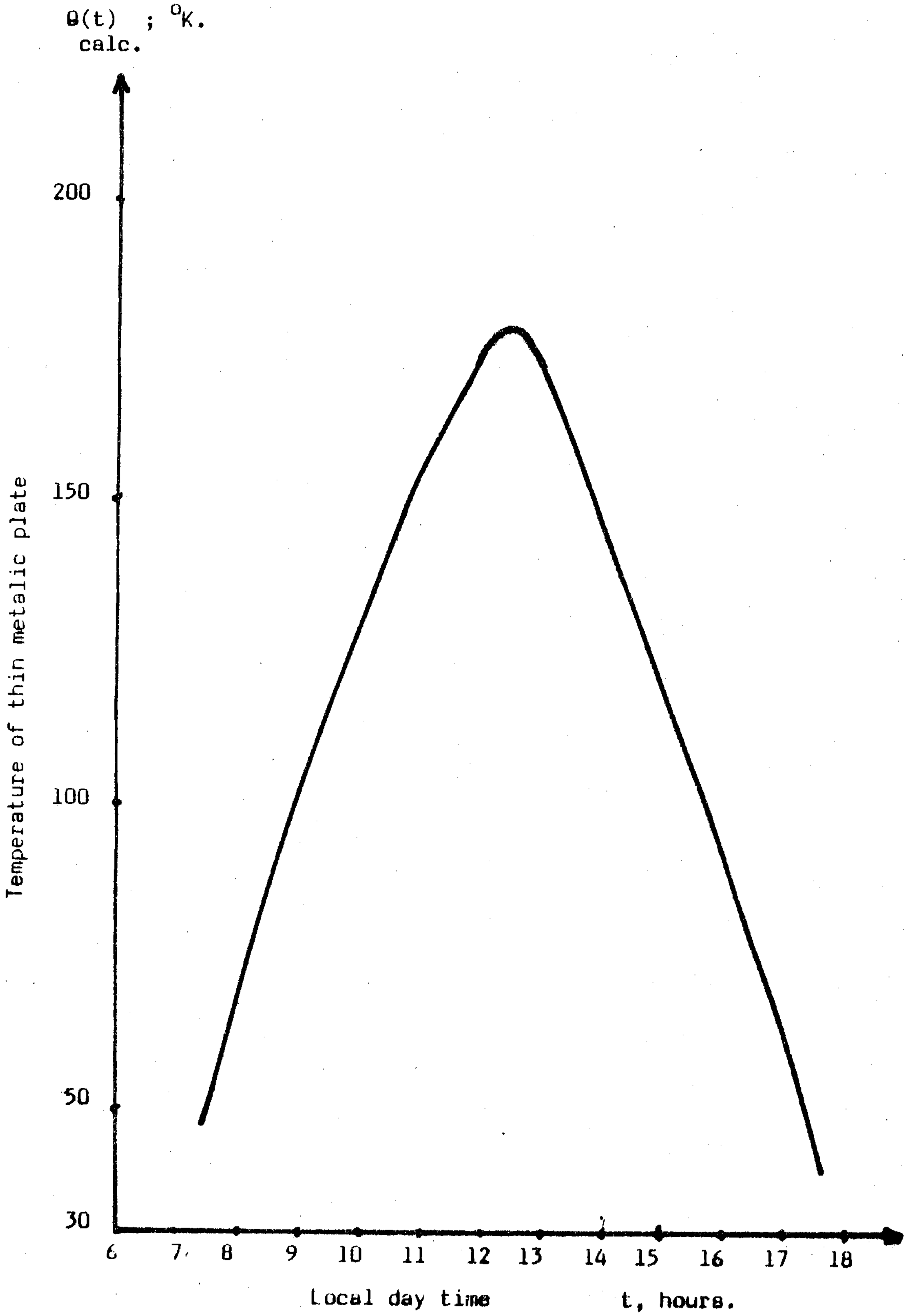

Average Calculated Global Solar Irradiance
q, W/m^2
0
200
400
600
800
900
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
Local day time

شكل (٢-٥)

جدول (٢ـ٧)

درجة حرارة اللوح المعدنى الرقيق كدالة للزمن علـــى مدار اليوم محسوبة بالمعادلة رقم (2-١٥)

No.	t,in hours	θ(t)
1	7.5	51,43
2	8	68.84
3	8.5	84.98
4	9	100.18
5	9.5	114.56
6	10	128.22
77	10.5	141.12
8	11	153.30
9	11.5	164.74
10	12	175.46
11	12.3	181.79
12	12.56	179.18
13	13	170.14
14	13.5	159.08
15	14	147.28
16	14.5	134.73
17	15	121.46
18	15.5	107.47
19	16	92.74
20	16.5	77.30
21	17	61.10
22	17.5	44.17
23	18	26.52


θ(t) ; °K.
calc.
Temperature of thin metalic plate
200
150
100
50
30
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
Local day time
t, hours.

شكل (٢-٦)

الباب الثالـــث

قياســـات عمليـــة

تم فى هذا البحث تصميم وتنفيذ سخانين شمسيين لدراسة بعض العوامل التى تؤثر فى المجمع الشمسى ذى اللوح المسطح . وشكل (٣ـ١) يبين مقطع مستعرض فى كل منهما يوضح التركيب المختار .

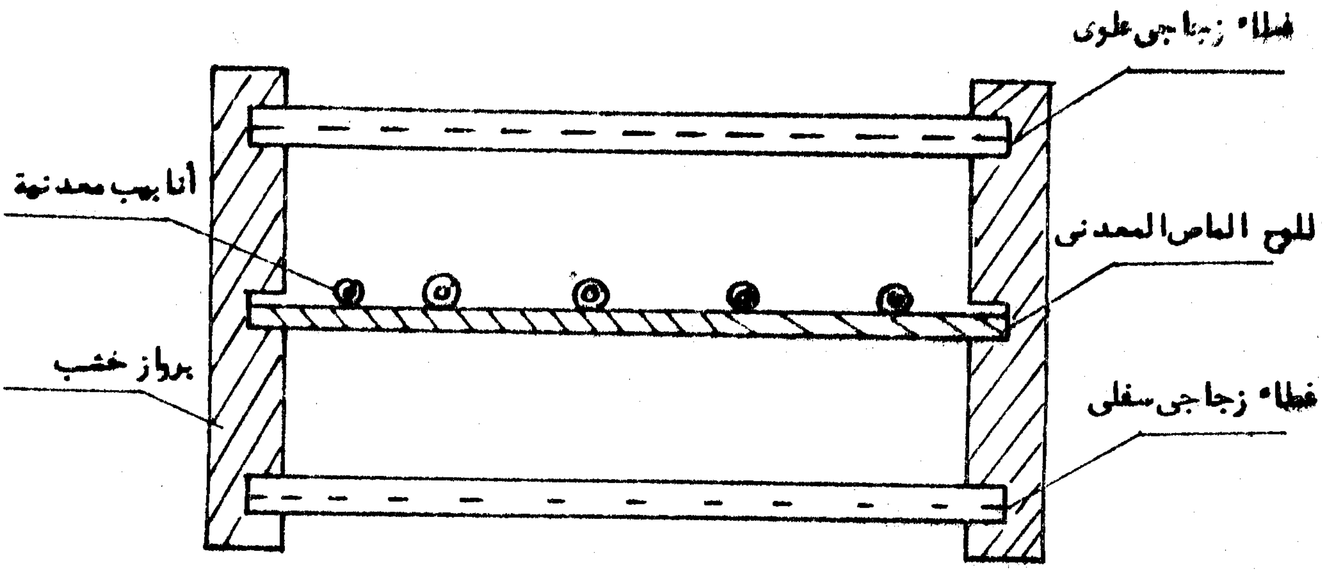
وقد صنع اللوح الماص من النحاس الاحمر بسمك ٢مم ومساحة ١م × $\frac{1}{2}$ متر لكل من التصميمين . اما توزيع الانابيب المعدنية النحاسية الناقلة للميـــاه والمثبتة باللحام على اللوح المعدنى الماص فى كل من التصميمين فهو مبين بشكل (٣ـ٢) .

والانابيب النحاسية ذات قطر داخلى = ٦ مم وقطر خارجى = ٨مم ويختلف التصميمان فقط فى طول الانابيب المعدنية المبثبتة باللحام على كل منهما .

ففى حالة التصميم الأول طول الانابيب الناقلة = ١٦و٤ مترا وسنسميه المجمع الاصغر وفى حالة التصميم الثانى طول الانابيب المعدنية الناقلة = ٥٢و٦ مترا وسنسميه المجمع الاكبر .

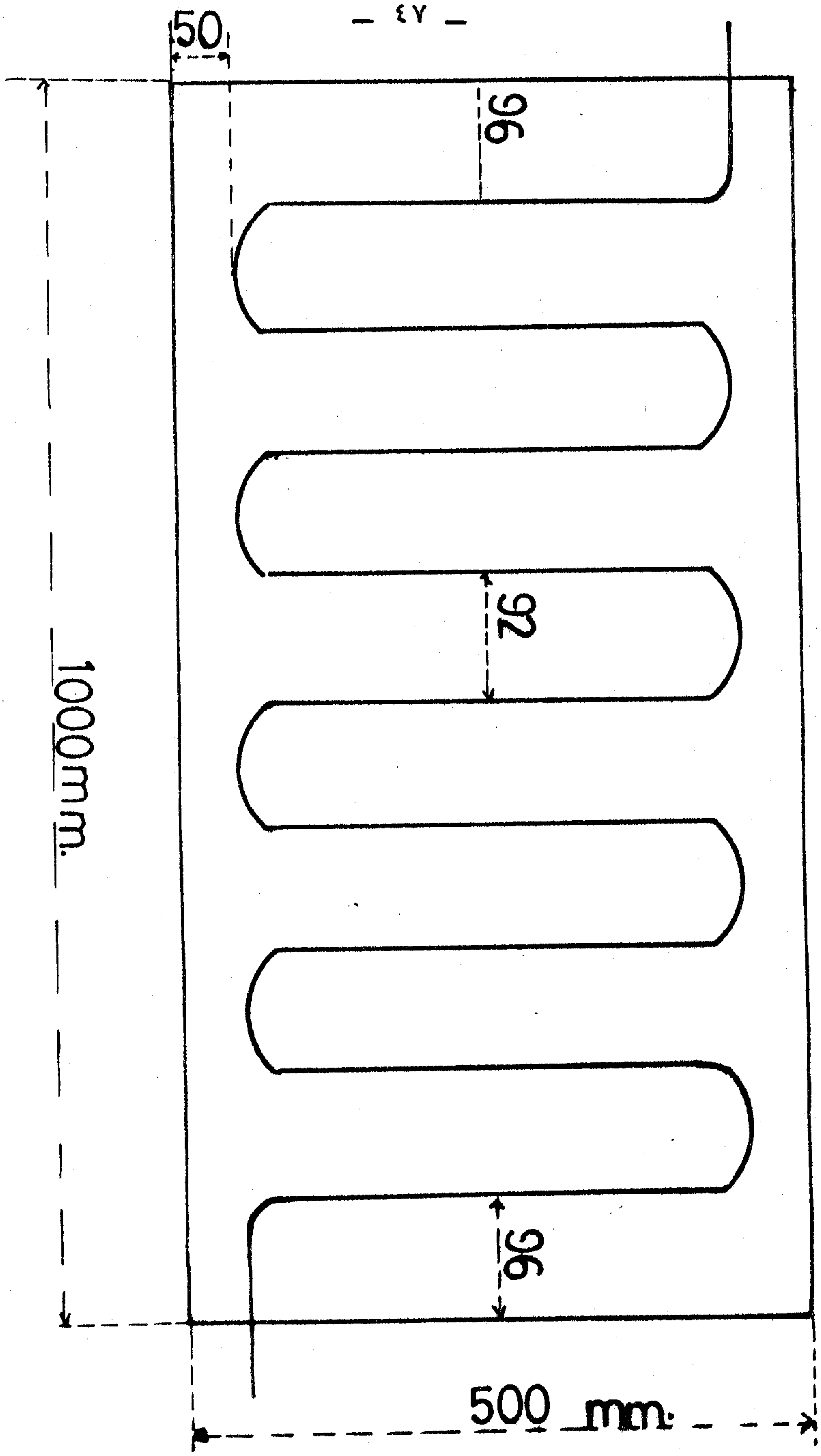
وقد تم اجراء مجموعتين من التجارب فى احداها يكون اللوح الماص معرضا للاشعاع الشمسى الساقط من خلال الغطاء الزجاجى بينما يملأ الفراغ بين اللوح والغطاء السفلى بمادة عازلة حراريا من الصوف الزجاجى واللباد . وذلك بالنسبة للتصميمين الأول والثانى .

وفى المجموعة الثانية من التجارب تم عكس الوضع فى كل من التصميمين بحيث تكون الانابيب الى اعلى فتكون معرضة مباشرة للاشعاع الشمسى الساقط من خلال الغطاء الزجاجى العلوى . والاغطية العلوية والسفلية للمجمع مصنوعة من الزجاج بسمك ٣ مم



مقطع مستعرض فى المجمع الشمسى ذوى اللوح المسطح

شكل (٣-١)



شكل عام يوضح توزيع الانابيب المعدنية الناقلة للمياه والمثبتة على اللوح المعدنــــــــي

شكل (٣-٢)

أ ــ اجراء التجارب

سمح لتيار من الماء بالمرور خلال المجمعين عندما كانت الانابيب الناقلة للمياه الى اسفل وسجلت درجات الحرارة للمياه عند المدخل وكذلك عن المخرج من كل من التصميمين باستخدام ترمومتر رقمى Digital thermometer موديل ARON TM-200 وهى صالحة لقراءة درجات حرارة فى المدى من ‎-٥٠‎ الى ‎+ ١٢٠٠‎°م

كذلك قيس معدل سريان الماء باستخدام مخبار مدرج وساعة ايقاف وذلك لكل من المجمعين كل نصف ساعة وفى كل مرة نسجل درجات الحرارة .

وقد استخدمت هذه القياسات فى حسب كمية الحرارة المكتسبة فى كل من المجمعين كالاتى :

كمية الحرارة المكتسبة = معدل السريان (كجم /ثانية) × فرق درجات الحرارة بين المدخل والمخرج ΔT × الحرارة النوعية للماء C_p

وفى نفس الوقت كانت تسجل درجة حرارة لوح نحاس بنفس الابعاد معرض سطحه العلوى للجو العادى بينما سطحه السفلى مغطى بمادة عازلة حراريا .

نتائج التجارب :

أ ــ نتائج القياسات للتصميمين الأول والثانى عندما كانت الانابيب الناقلة للمياه الى اسفل سجلت فى جدول (٣ــ١) لأحد الأيام التى اجريت فيها التجارب .

وبمعالجة هذه النتائج لحساب كمية الحرارة المكتسبة بكل من التصميمين الأول والثانى يتضح أن كمية الطاقة الشمسية المستقبلة بالمجمع الأصغر كانت اعلى منها للمجمع الاكبر ، وقد وضحت هذه النتيجة بيانيا فى شكل (٣ــ٣) وبرسم الكفاءة النسبية مع الزمن حيث : ــ

$$\text{الكفاءة النسبية} = \frac{\eta_s}{\eta_L} = \frac{\text{كمية الطاقة الشمسية التى جمعها المجمع الاصغر}}{\text{كمية الطاقة الشمسية التى جمعها المجمع الاكبر}}$$

جدول (٣-١)
نتائج القياسات على المجمعين والانابيب
لاسفل بدون طلاء

Tubes down words $S/L = q_S/q_L$

21/7/1403

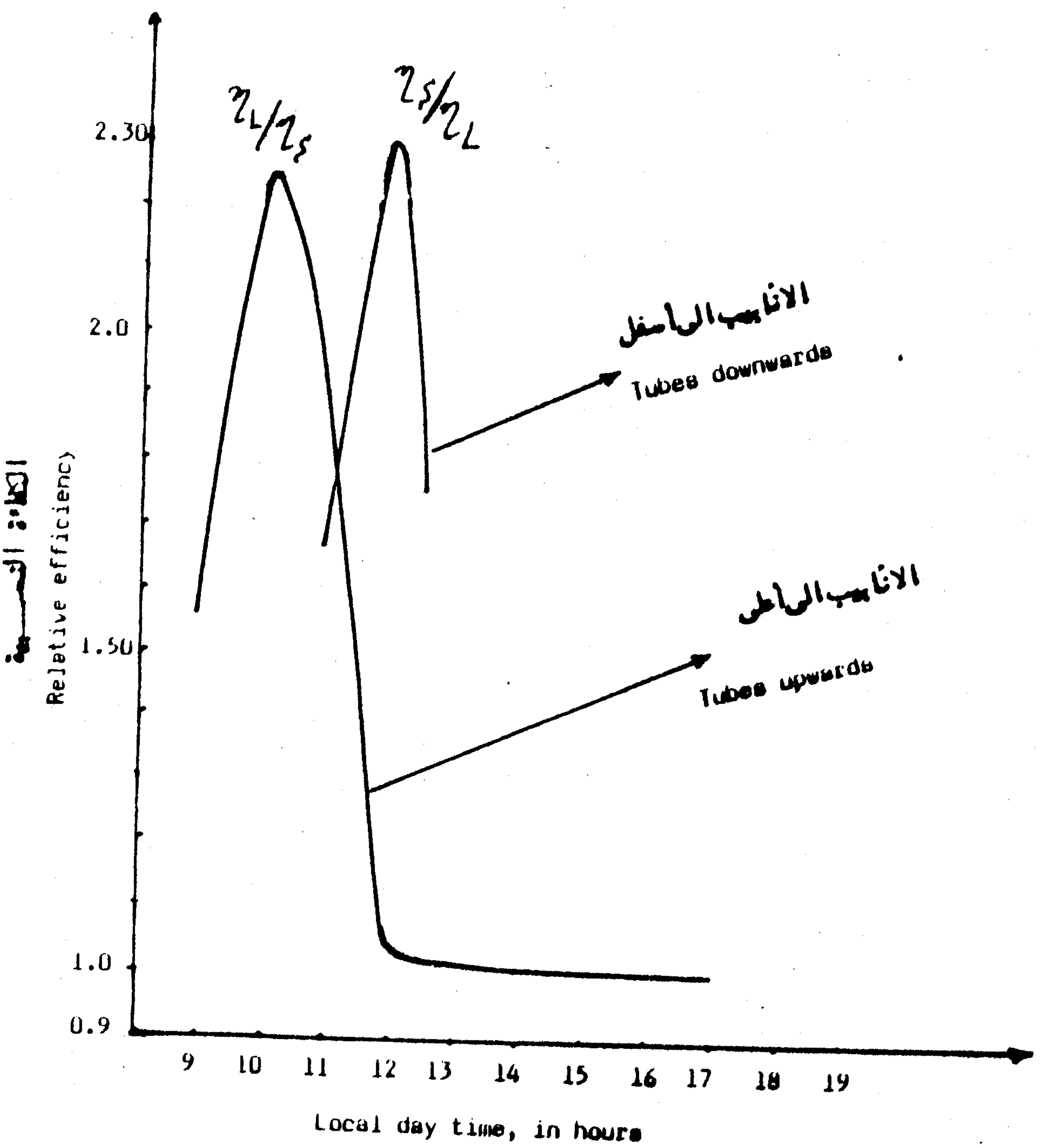
T	T_{in}	T_S	T_L	R_S	R_L	q_S	q_L	S/L
10.30	32	37	35	75	75	278.7	167.2	1.7
11	34	39	37	75	75	278.7	167.2	1.7
11.30	34	40	37	75	75	334.4	167.2	2.0
12	34	42	38	75	85	445.9	196.7	2.3
12.30	32	41	36	80	65	470.3	257.2	1.8

ب) تم عكس وضع المجمعين بحيث تصبح الانابيب الى اعلى وكرر العمل المطبق فوجدنا ان المجمع الاكبر ذا كفاءة اكبر من المجمع الاصغر والنتائج التى حصلنا عليهـا مسجلة فى جدول (٣ـ٢) وممثلة بيانيا شكل (٣ـ٣) برسم العلاقة η_L/η_S

حـ) تم دهان اللوحين الماصيين للحرارة والانابيب المعدنية المثبتة عليهمـا بدهان اسود واعيدت اجراء التجارب والانابيب الى اعلى وقد سجلت نتائج القياسات فى جدول (٣ـ٣) .

د) تم قياس درجة حرارة اللوح الماص بمفرده وله نفس ابعاد اللوح الماصـى المستخدم فى المجمعين ولكن دون تثبيت انابيب معدنية عليه ونتائج القياس مدونه فى جدول (٣ـ٤) .

وشكل (٣ـ٤) يوضح العلاقة $\theta(t)$ للوح الماص بيانيا .



ηL/ηS
ηS/ηL
2.30
2.0
1.50
1.0
0.9
Relative efficiency
الانابيب الى أسفل
Tubes downwards
الانابيب الى أعلى
Tubes upwards
9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19
Local day time, in hours

شكل (٣_٣)

جدول (٣ـ٢)
نتائج القياسات على المجمعين والانابيب الى الاعلى وبدون طلاء

28/7/1403 Tubes upwards

T	T_{in}	$T_{1(S)}$	$R_{2(L)}$	$R_{1(S)}$	$R_{2(L)}$	$q_{1(S)}$	$q_{2(L)}$	= L/ $S=q_1/q_2$
9	31	36	37	130	100	160.8	250	1.60
10	32	36	41	90	90	185.8	418	2.25
11	32	39	44	130	120	225.1	418	1.86
11.30	35	41	42	140	140	179	209	1.16
12	35	44	43	140	120	268.7	278.7	1.04
1.30	34	42	42	122	109	274.1	306.8	1.10
2	33	41	41	122	108	274.1	309.6	1.10
2.30	35	51	51	290	266	230.6	251.4	1.10
3	35	49	49	290	250	201.8	234.1	1.16
4	34	43	44	272	282	138.3	140.2	1.01

جدول (٣ـ٣)

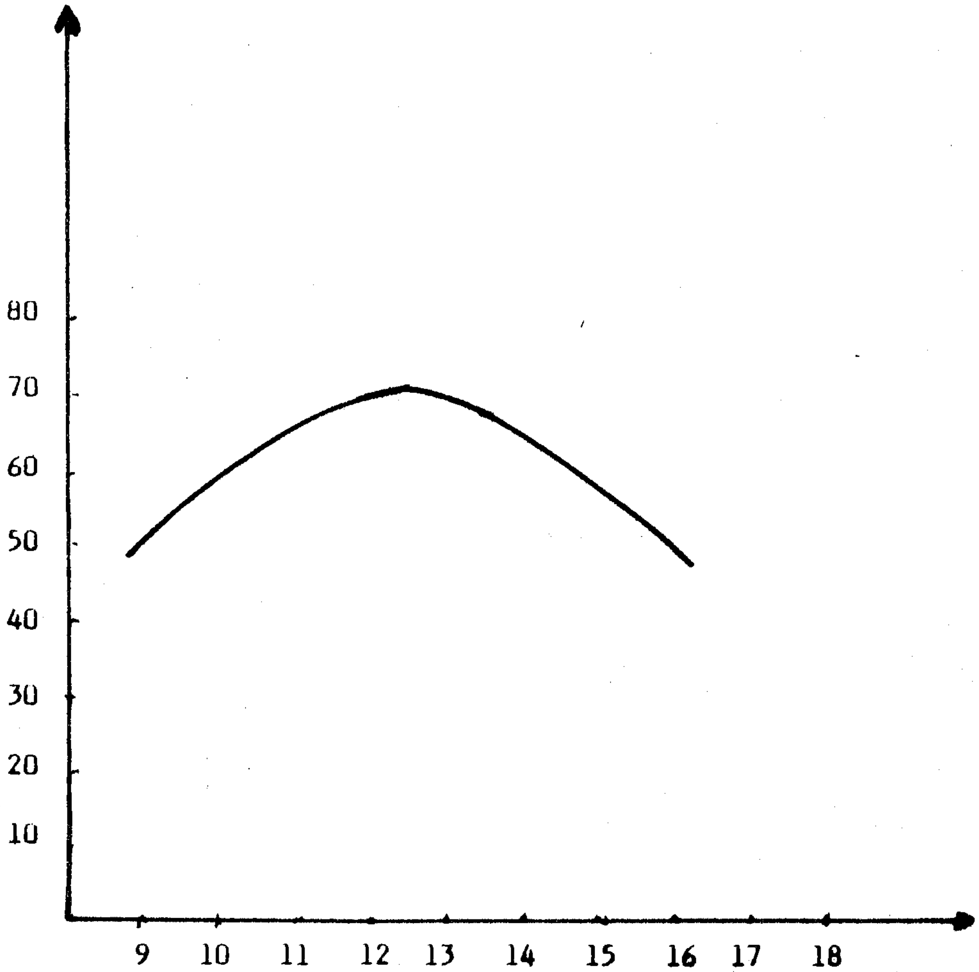
نتائج القياسات العملية بطلاء الانابيب الى أعلـــــــى

T	T_{in}	$T_{1(S)}$	$T_{2(L)}$	$R_{1(S)}$	$R_{2(L)}$	$q_{1(S)}$	$q_{2(L)}$	= L/ S
10	33	45	49	273	336	183.7	199.6	1.08
10.30	33	44	43	308	186	149.2	224.7	1.51
11	34	49	51	366	226	219.23	314.4	1.43
11.30	35	48	51	275	340	197.6	196.7	0.995
12	33	43	47	152	233	275	251.2	0.913
2	33	45	48	210	240	238.9	261.3	1.09
2.30	33	43	43	235	170	177.9	181.74	1.02
3	34	41	45	232	232	126	198	1.57
3.30	34	42	47	157	288	213	189	0.88
4						98.6	109.3	1.10

درجات حرارة اللوح الماص بدون انابيب عليه

No.	t	T
1	10	60
2	11	64
3	12.30	70
4	1.30	66
5	2	64
6	2.30	61
7	3	56
8	3.30	56
9	4	52
10	4.30	50

جدول (٣ـ٤)



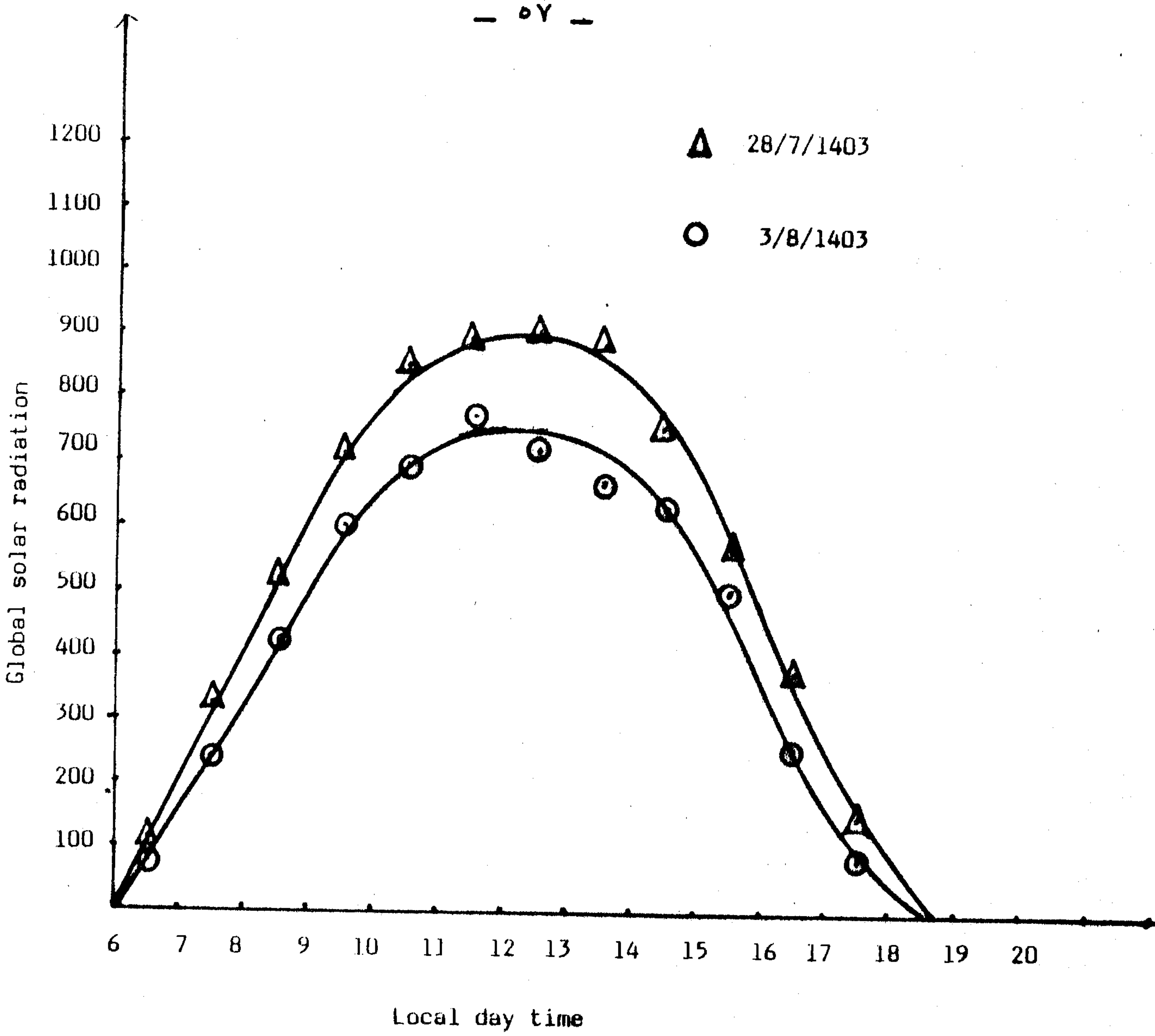
تغير درجة حرارة اللوح الماص بمفرده دون أنابيب عليه

شكل (٣ـ٤)

مناقشـــــة النتائـــج

دلت نتائج القياسات على أن كفاءة المجمع الشمسى والانابيب المعدنية الى اسفل تكون اقل اذا كان طول الانابيب المعدنية المثبتة عليه اكبر — وتفسر هـذه النتيجة بأنه فى حالة تعرض اللوح الماص للاشعاع الشمسى دون الانابيب يكون هو مصدر التسخين الفعلى لما تحته من انابيب معدنية مثبتة عليه وبما فيها من مياه الوجانبيار الماء المنساب • وفى حالة الانابيب الأطول تكون كمية النحاس التى تكون هذه الانابيب اكبر وتكون كمية المياه خلال الانابيب الاطول اكبر ايضا وكل ذلك يستهلك قدرا من طاقة اللوح التى امتصها من الاشعاع الشمسى الساقط عليه وتكون النتيجة أن ترتفع درجة حرارة الجميع الى درجة اقل لأن السعة الحرارية فى هذه الحالة تكون اكبر منها فى حالة المجمع ذى الانابيب الاقصر وعلاوة على ذلك تكون كمية الطاقة الحرارية التى تخص المياه المنسابة اقل فى حالة تساوى معدل السريان للمياه فى التصميمين وتساوى الظروف الأخرى •

اما فى حالة عكس الوضع بجعل الانابيب المعدنية ايضا معرضة للاشعاع الشمسى الملتقط فان مصدر التسخين سيكون اللوح الماص والانابيب المعدنية نفسها التى تسخن بما تكتسبه من الاشعاع الساقط عليها واتضح فى ذلك ان درجة حـرارة المجموعة تكون اكبر ودرجة حرارة المياه الخارجة فعلا كانت اكبر منها فى حالة التصميم الاقصر وخصوصا انه اثناء سريان المياه فى الانابيب الاطول تكون معرضة للاشعاع الشمسى المنقولة اليها خلال الجدران المعدنية للأنابيب مدة أطول وهنا يفسر أن كفاءة المجمع فى هذه الحالة كانت اكبر من نظيره ذى الانابيب الاقصر • وعندما تم طلاء اللوح المعدنى الماص للحرارة والانابيب بطلاء اسود واجـريت القياسات (جدول ٣ـ٣) ظلت النتيجة بأن المجمع ذى الانابيب الاطول كـان افضل من المجمع ذى الانابيب الاقصر عندما تكون الانابيب ايضا معرضة للجـو •


28/7/1403
3/8/1403
Global solar radiation
1200
1100
1000
900
800
700
600
500
400
300
200
100
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
Local day time

شكل (٣ - ٥)

وقد سجلت الاشعاع الشمسى الكلى الساقط اثناء اجراء التجارب كدالة للزمن اليومى وشكل (٣ـ٥) مثال لنتائج القياسات فى يومى ١٤٠٣/٧/٢٨ حيث المجمعات غير مطلية بطلاء اسود ويوم ١٤٠٣/٨/٣ حيث المجمعات مطلية بطلاء اسود .

وقد تم حساب كفاءة كل من التصميمين على حدة عند ما كان المجمع غير مطلى وعند ما كان المجمع مطليا باستخدام القانون الاتى :

$$\text{الكفاءة} = \frac{\text{كمية الطاقة التى جمعها احد المجمعين}}{\text{كمية الاشعاع الشمسى الكلى الساقط على المجمع والمقاسة بالبيرونومتر}}$$ (لنفس الفترة الزمنية)

ونتائج الحسابات مدونة فى جدول (٣ـ٥) وفيه يتضح أن كفاءة المجمع ذى الانابيب الاطول تظل اكبر فى وجود الدهان وفى عدم وجود الدهان الأسود . ومن ناحية اخرى توضح النتائج ان الطلاء بالاسود يرفع كفاءة كل من المجمعين على حدة مع بقاء التصميم ذى الانابيب الاطول هو الافضل وذلك طبيعى لأن معامل امتصاص السطح المعرض للاشعاع ترتفع عند طلائه بالاسود وتقترب من الواحد الصحيح .

(بدون طلاء اسود)

t	q_s	q_1	1	q	2
11.30	900	179	0.40	279	0.46
12	900	268.7	0.60	278.7	0.62
1.30	892	274.1	0.62	306.8	0.69
2	830	274.1	0.66	309.6	0.75
2.30	747	230.6	0.62	251.4	0.67
3	700	201.8	0.58	234.1	0.67
4	490	138.3	0.56	148.2	0.60

بالطلاء الأسود

10	630	183.7	0.58	199.6	0.63
10.30	694	149.2	0.43	224.2	0.64
11	750	219.2	0.59	314.4	0.84
11.30	776	197.6	0.51	196.7	0.51
12	750	275	0.73	251.2	0.67
2	650	738.9	0.74	261.3	0.80
2.30	638	177.9	0.56	181.74	0.57
3	580	126	0.44	198	0.68
3.30	506	213	0.84	184	0.75
4	350	98.6	0.56	109.3	0.62

جدول (٣ ـ ٥)

المراجـــــع :

١ـ الطاقة الشمسية ـ عبدالفتاح دربال ـ مكتبة التنبكجى ـ دمشق ـ سلسلة ٢ .

٢ـ تكنولوجيا الطاقة البديلة ـ د . سعود يوسف عياش ـ سلسلة كتب ثقافية شهرية يصدرها المجلس الوطني للثقافة ـ الكويت .

٣ـ الطاقة الشمسية مصدرها وفوائدها وطرق استغلالها .
د . محمود سليم عودة ـ الجامعة الأردنية ـ دار النهار للنشر .

٤ـ مبادئ الطاقة الشمسية وتطبيقاتها ـ د . سهيل فاضل ـ دار الحداثة للطباعة والنشر والتوزيع ـ بيروت .

٥ـ محاضرات فى الطاقة الشمسية ـ د . محمد عبدالهادى كامل .

٦ـ رسالة ماجستير ـ أ . اسامة البار ـ كلية المترولوجى وعلوم البيئة ـ جامعة الملك عبد العزيز ـ جدة سنة ١٩٨٣ .